

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»
Кафедра ИИТС**

**КУРС ЛЕКЦИЙ
по дисциплине:
«Системотехническое проектирование систем»**

Лектор: профессор Давиденко А.П.

Харьков 2012

ЛЕКЦИЯ 1 Проектирование как форма инженерной деятельности

1.1 Сущность инженерной деятельности

В жизни современного общества инженерная деятельность играет все возрастающую роль. Проблемы практического использования научных знаний, повышения эффективности научных исследований и разработок выдвигают сегодня инженерную деятельность на передний край всей экономики и современной культуры.

В настоящее время великое множество технических вузов готовит целую армию инженеров различного профиля для самых разных областей народного хозяйства. Развитие профессионального сознания инженеров предполагает осознание возможностей, границ и сущности своей специальности не только в узком смысле этого слова, но и в смысле осознания инженерной деятельности вообще, ее целей и задач, а также изменений ее ориентаций в культуре XX века.

Общество с развитой рыночной экономикой требует от инженера большей ориентации на вопросы маркетинга и сбыта, учета социально-экономических факторов и психологии потребителя, а не только технических и конструктивных параметров будущего изделия.

Инженерная деятельность предполагает регулярное применение научных знаний (т.е. знаний, полученных в научной деятельности) для создания искусственных, технических систем - сооружений, устройств, механизмов, машин и т.п.

В этом заключается ее отличие от технической деятельности, которая основывается более на опыте, практических навыках, догадке. Поэтому не следует отождествлять инженерную деятельность лишь с деятельностью инженеров, которые часто вынуждены выполнять техническую, а иногда и научную деятельность (если, например, имеющихся знаний недостаточно для создания какой-либо конкретной технической системы).

В то же время есть многочисленные примеры, когда крупные ученые обращались к изобретательству, конструированию, проектированию, т.е., по сути дела, осуществляли какое-то время, параллельно с научной, инженерную деятельность. Поэтому инженерную деятельность необходимо рассматривать независимо от того, кем она реализуется (специально для этого подготовленными профессионалами, учеными или просто самоучками).

Современный этап развития инженерной деятельности характеризуется системным подходом к решению сложных научно-технических задач, обращением ко всему комплексу социальных гуманитарных, естественных и технических дисциплин. Однако был этап, который можно назвать классическим, когда инженер-

ная деятельность существовала еще в "чистом" виде: сначала лишь как изобретательство, затем в ней выделились проектно-конструкторская деятельность и организация производства.

Обособление проектирования и проникновение его в смежные области, связанные с решением сложных социотехнических проблем, привело к кризису традиционного инженерного мышления и развитию новых форм инженерной и проектной культуры, появлению новых системных и методологических ориентаций, к выходу на гуманитарные методы познания и освоение действительности.

В соответствии с вышеизложенным рассмотрим последовательно три основных этапа развития инженерной деятельности и проектирования:

- 1) классическая инженерная деятельность;
- 2) системотехническая деятельность;
- 3) социотехническое проектирование.

1.2 Классическая инженерная деятельность

1.2.1 Становление и развитие инженерной профессии

Возникновение инженерной деятельности как одного из важнейших видов трудовой деятельности связано с появлением мануфактурного и машинного производства. В средние века еще не существовала инженерная деятельность в современном понимании, а была, скорее, техническая деятельность, органически связанная с ремесленной организацией производства.

Инженерная деятельность как профессия связана с регулярным применением научных знаний в технической практике. Она формируется, начиная с эпохи Возрождения.

Первые инженеры – это одновременно художники-архитекторы, консультанты-инженеры по фортификационным сооружениям, артиллерии и гражданскому строительству, алхимики и врачи, математики, естествоиспытатели и изобретатели.

Но быстрое и принципиально новое развитие техники требует и коренного изменения ее структуры. Техника доходит до состояния, в котором дальнейшее продвижение ее оказывается невозможным без насыщения ее наукой. Повсеместно начинает ощущаться потребность в создании новой технической теории, в кодификации технических знаний и в подведении под них некоего общего теоретического базиса.

Техника требует привлечения науки". Именно такая двойственная ориентация инженера - с одной стороны, на научные исследования естественных, природных явлений, а с другой, - на производство, или воспроизведение, своего замысла целенаправленной деятельностью человека-творца - заставляет его

взглянуть на свое изделие иначе, чем это делают и ремесленник, и ученый-естествоиспытатель.

Если цель технической деятельности - непосредственно задать и организовать изготовление системы, то цель инженерной деятельности - сначала определить материальные условия и искусственные средства, влияющие на природу в нужном направлении, заставляющие ее функционировать так, как это нужно для человека, и лишь потом на основе полученных знаний задать требования к этим условиям и средствам, а также указать способы и последовательность их обеспечения и изготовления.

Инженер, таким образом, как и ученый - экспериментатор, оперирует с идеализированными представлениями о природных объектах. Однако первый из них использует эти знания и представления для создания технических систем, а второй создает экспериментальные устройства для обоснования и подтверждения данных представлений.

С развитием экспериментального естествознания, превращением инженерной профессии в массовую в XVIII – XIX веках возникает необходимость и систематического научного образования инженеров. Именно появление высших технических школ знаменует следующий важный этап в развитии инженерной деятельности.

Инженерное образование с тех пор стало играть существенную роль в развитии техники. К началу XX столетия инженерная деятельность представляет собой сложный комплекс различных видов деятельности (изобретательская, конструкторская, проектировочная, технологическая и т.п.), и она обслуживает разнообразные сферы техники (машиностроение, электротехнику, химическую технологию и т.д.).

Сегодня один человек просто не сможет выполнить все разнообразные работы, необходимые для выпуска какого-либо сложного изделия, как это делал, например, в начале XIX века на одном из первых машиностроительных заводов его владелец Генри Модсли. Сам он был механиком-самоучкой, одновременно и изобретателем. Он изобрел, в частности, суппорт токарного станка, причем сам же разрабатывал новую конструкцию изделия, и технологическое оборудование, и технологию его изготовления.

На первых этапах своего профессионального развития инженерная деятельность была ориентирована на применение знаний естественных наук (главным образом, физики), а также математики, и включала в себя изобретательство, конструирование опытного образца и разработку технологии изготовления новой технической системы.

Инженерная деятельность, первоначально выполняемая изобретателями, конструкторами и технологами, тесно связана с технической деятельностью (ее выполняют на производстве техники, мастера и рабочие), которая становится исполнительской по отношению к инженерной деятельности.

Однако с течением времени структура инженерной деятельности усложняется. Классическая инженерная деятельность включала в себя изобретательство, конструирование и организацию изготовления (производства) технических систем, а также инженерные исследования и проектирование.

1.2.2 Изобретательская деятельность

Путем изобретательской деятельности на основании научных знаний и технических изобретений заново создаются новые принципы действия, способы реализации этих принципов, конструкции технических систем или отдельных их компонентов.

Сложности в изготовлении, конструировании и техническом обслуживании, а также необходимость создания технических систем, все или некоторые компоненты которых принципиально отличны от существующих, стимулируют производство особого продукта, объективированного в виде патентов, авторских свидетельств, изобретений и т.д.

Последние имеют, как правило, широкую сферу применения, выходящую за пределы единичного акта инженерной деятельности и используются в качестве исходного материала при конструировании и изготовлении технических систем.

Образцы такого рода деятельности продемонстрировали многие ученые-естествоиспытатели, совершенствуя конструкцию экспериментальной техники, разрабатывая и проводя новые эксперименты.

Однако для многих инженеров-практиков изобретательство было не побочной, а основной или даже единственной деятельностью. Лишь на первых этапах становления инженерной деятельности изобретательство опирается на эмпирический уровень знания. В условиях же развитой технической науки всякое изобретение основывается на тщательных инженерных исследованиях и сопровождается ими.

С развитием массового производства для того, чтобы изобретение попало в промышленность, возникает необходимость его специальной проектно-конструкторской подготовки.

Конструирование представляет собой разработку конструкции технической системы, которая затем материализуется в процессе его изготовления на производстве.

Конструкция технической системы представляет собой определенным образом связанные стандартные элементы, выпускаемые промышленностью или изобретенные заново, и является общей для целого класса изделий производства.

Исходным материалом деятельности изготовления являются материальные ресурсы, из которых создается изделие. Эта деятельность связана с монтажом уже готовых элементов конструкции и с параллельным изготовлением новых элементов. Функции инженера в данном случае заключаются в организации производства конкретного класса изделий (например, организация оптической, радиотехнической и электротехнической промышленности, строительство железных дорог, массового производства электроизмерительных приборов и т.д.) и разработке технологии изготовления определенной конструкции технической системы.

Часто крупные инженеры одновременно сочетают в себе и изобретателя, и конструктора, и организатора производства. Однако современное разделение труда в области инженерной деятельности неизбежно ведет к специализации инженеров, работающих преимущественно в сфере либо инженерного исследования, либо конструирования, либо организации производства и технологии изготовления технических систем.

1.2.3 Инженерные исследования

Инженерные исследования, в отличие от теоретических исследований в технических науках, непосредственно вплетены в инженерную деятельность, осуществляются в сравнительно короткие сроки и включают в себя предпроектное обследование, научное обоснование разработки, анализ возможности использования уже полученных научных данных для конкретных инженерных расчетов, характеристику эффективности разработки, анализ необходимости проведения недостающих научных исследований и т.д.

Инженерные исследования проводятся в сфере инженерной практики и направлены на конкретизацию имеющихся научных знаний применительно к определенной инженерной задаче. Результаты этих исследований находят свое применение прежде всего в сфере инженерного проектирования.

Именно такого рода инженерные исследования осуществляются крупными специалистами в области конкретных технических наук, когда они выступают в качестве экспертов при разработке сложных технических проектов.

В процессе функционирования и развития инженерной деятельности в ней происходит накопление конструктивно-технических и технологических знаний, которые представляют собой эвристические методы и приемы, разработанные в самой инженерной практике.

В процессе дальнейшего прогрессивного развития инженерной деятельности эти знания становятся предметом обобщения в науке. Первоначально вся инженерная деятельность была ориентирована на использование лишь естественнонаучных знаний, и в ее осуществлении принимали деятельное участие многие ученые-естествоиспытатели, конструируя экспериментальное оборудование и даже технические устройства. Поэтому именно в естественных науках формируются постепенно особые разделы, специально ориентированные на обслуживание инженерной практики.

Помимо ученых-теоретиков и ученых-экспериментаторов, появляются специалисты в области прикладных исследований и технических наук, задача которых - обслуживание инженерной деятельности.

В настоящее время существует множество областей технической науки, относящихся к различным сферам инженерной деятельности. Однако области технической науки и соответствующие им сферы инженерной деятельности не тождественны.

Например, электротехнику как сферу инженерной деятельности и отрасль промышленности не следует путать с теоретической электротехникой, которая представляет собой область технической науки. Последняя имеет в настоящее время достаточно разработанный теоретический уровень (скажем, теорию электрических цепей) и не может рассматриваться как исследование, направленное лишь на приложение знаний естественнонаучных дисциплин.

В технических науках развиты особые теоретические принципы, построены специфические идеальные объекты, введены новые научные законы, разработан оригинальный математический и понятийный аппарат.

Технические науки удовлетворяют сегодня всем основным критериям выделения научной дисциплины. В то же время следует помнить, что технические науки достаточно четко ориентированы на решение инженерных задач и имеют вполне определенную специфику. Конечно, в них доказываются теоремы и строятся теоретические системы. Однако, наряду с этим, важное место занимают описания расчетов и приборов и различные методические рекомендации.

Главная цель технических наук - выработка практико-методических рекомендаций по применению научных знаний, полученных теоретическим путем (в сфере технической науки - технической теории) в инженерной практике.

Специфика технической науки определяется необходимостью использования ее результатов не столько для объяснения естественных процессов, сколько для конструирования технических систем. Эти результаты опосредова-

ны, как правило, инженерными исследованиями, проводимыми в рамках того или иного вида конкретной инженерной деятельности.

С появлением и развитием технических наук изменилась и сама инженерная деятельность. В ней постепенно выделились новые направления, тесно связанные с научной деятельностью (но не сводимые к ней), с проработкой общей идеи, замысла создаваемой системы, изделия, сооружения, устройства и прежде всего - проектирование.

1.2.4 Проектирование

Существует несколько определений процесса проектирования.

В самом общем случае проектирование – это целенаправленная деятельность по решению технической задачи.

1 Это использование научных принципов, технической информации и воображения для определения механической, электрической или логической структуры машины или системы, предназначенной для выполнения заранее заданных функций с наибольшей экономичностью, эффективностью и надёжностью.

2 Целенаправленная деятельность по решению задач.

3 Моделирование предполагаемых действий до их осуществления, повторяемое до тех пор, пока не появится полная уверенность в конечном результате.

4 Оптимальное удовлетворение суммы истинных потребностей при определенном комплексе условий.

5 Творческая деятельность, которая вызывает к жизни нечто новое и полезное, чего ранее не существовало.

Цель проектирования – узко – решить поставленную задачу, спроектировать устройство, машину, систему, решающую поставленную задачу. Цель проектировщика традиционного типа заключается в том, чтобы разработать схемы, программы, чертежи, которые могли бы получить одобрение заказчика и дать необходимые указания изготовителю.

На современном этапе проектировщик должен предвидеть конечный результат осуществления своего проекта и определить меры, необходимые для достижения этого результата.

На современном этапе развития – более широко – цель – положить начало изменениям в окружающей человека искусственной среде.

Процесс проектирования включает в себя научные исследования, опытно-конструкторские разработки, снабжение, разработку технологии, подготовку производства, сбыт, эксплуатацию, утилизацию. Процесс проектирования охватывает деятельность собственно проектировщиков, плановиков, экономистов, администраторов, снабженцев, учёных и т.д.

Зачастую процесс проектирования заканчивается мыслью о том, что если бы мы знали всё это с самого начала, то спроектировали бы всё по-другому. Именно поэтому одной из причин появления и развития методов проектирования является задача избежать слишком позднего понимания.

Традиционные методы – изменения частного, локального характера. Новые методы – улучшение всей ситуации в целом.

Цель проектировщика традиционного типа заключается в том, чтобы разработать схемы, программы, чертежи, которые могли бы получить одобрение заказчика и дать необходимые указания изготовителю. На современном этапе проектировщик должен предвидеть конечный результат осуществления своего проекта и определить меры, необходимые для достижения этого результата.

Наряду с традиционными появились совершенно различные по своему содержанию виды проектирования:

- проектирование как процесс разработки не отдельных предметов, а целых систем (аэропорт, транспорт, системы обучения, компьютеры);
- проектирование как соучастие, как включение общества в процесс принятия решений;
- проектирование как творчество, потенциально присущее каждому;
- проектирование как обучение, синтезирующее науку и искусство, и, возможно, идущее дальше чем то и другое порознь;

Проектирование - процесс, который дает начало изменениям в искусственной среде. Такое определение акцентирует внимание на последствиях внедрения. Проектировщик должен предвидеть конечный результат осуществления своего проекта и определить меры, необходимые для достижения этого результата.

Усиливается аспект проектирования, отражающий те изменения, которые должны произойти в среде использования результатов проектирования (производстве, сбыте, управлении и др.).

Отличительная черта проектирования ИИС - коллективное проектирование. Проектирование как особый вид инженерной деятельности формируется в начале XX столетия и связано первоначально с деятельностью чертежников, необходимостью особого (точного) графического изображения замысла инженера для его передачи исполнителям на производстве. Однако постепенно эта деятельность связывается с научно-техническими расчетами на чертеже основных параметров будущей технической системы, ее предварительным исследованием.

В инженерном проектировании следует различать "внутреннее" и "внешнее" проектирование.

Первое связано с созданием рабочих чертежей (технического и рабочего проектов), которые служат основными документами для изготовления технической системы на производстве; второе - направлено на проработку общей идеи системы, ее исследование с помощью теоретических средств, разработанных в соответствующей технической науке. Проектирование необходимо отличать от конструирования.

Для проектировочной деятельности исходным является социальный заказ, т.е. потребность в создании определенных объектов, вызванная либо "разрывами" в практике их изготовления, либо конкуренцией, либо потребностями развивающейся социальной практики (например, необходимостью упорядочения движения транспорта в связи с ростом городов) и т.п.

Продукт проектировочной деятельности в отличие от конструкторской выражается в особой знаковой форме - в виде текстов, чертежей, графиков, расчетов, моделей в памяти ЭВМ и т.д.

Результат конструкторской деятельности должен быть обязательно материализован в виде опытного образца, с помощью которого уточняются расчеты, приводимые в проекте, и конструктивно-технические характеристики проектируемой технической системы.

На начальном этапе проектирования в процессе участвуют два субъекта: заказчик и проектировщик.

В ряде случаев заказчик не является специалистом в нужных областях техники и может достаточно приблизительно сформулировать свои требования и пожелания относительно проектируемого объекта или системы, но отсутствие технических рамок позволяет взглянуть на проблему более широко. С другой стороны, проектировщик – специалист, отягощённый специальными знаниями и своими интересами.

Основная цель заказчика – получить систему, которая при её эксплуатации или реализации принесёт прибыль. Заказчик более охотно активизирует “приземлённые” проекты, гарантированно дающие быструю прибыль, и мало заинтересован в финансировании чисто научных проектов.

На действия проектировщика требования заказчика накладывают целый ряд ограничений: сроки, стоимость проекта, требования производства и т.д.

Проектировщик вынужден в своей работе учитывать интересы всё больших групп людей, вовлечённых в процесс проектирования.

Действия проектировщика оказываются всё меньше направленными на разрабатываемый объект и всё больше на те изменения, которые должна потерпеть

производство, сбыт, потребитель и общество в целом в ходе освоения и использования нового объекта.

Возникает взгляд на процесс проектирования как на длинную цепь взаимосвязанных предположений и уточнений. Влияние на общество было сложно предусмотреть на начало разработки: персональный компьютер, мобильный телефон, автомобиль, интернет...

Взаимодействие субъектов проектирования в ходе работы можно представить рисунком:



Рис 1.1 Взаимодействие субъектов проектирования

Каждое из этих событий представляет собой особый этап в существовании изделия и зависит от предшествующего события.

Ни заказчик, ни проектировщик не могут непосредственно влиять на всю последующую историю изделия, оно выходит из-под их контроля ещё до поступления в производство.

По всем разделам рассмотренной структуры проектировщик должен подготовить свои предложения. Необходимо предсказать свойства объекта и реакцию на них на каждом этапе его существования. При этом на каждом этапе у разработчика возникают вопросы.

Таблица 1.1 Вопросы разработчика.

Этап	Вопрос	Кто отвечает
1.	Понравится ли проект заказчику. В интересах ли заказчика вложить деньги в проект. Будет ли проект принят к осуществлению.	Заказчик и финансирующие организации
2.	Оптимальным ли образом в проекте используются доступные материалы, комплектующие.	Поставщики
3.	Можно ли достаточно экономно реализовать проект в рамках имеющихся ресурсов.	Изготовители
4.	Можно ли распространять изделие по существующим каналам.	Сбыт
5.	Каковы требования к внешнему виду, эксплуатационным характеристикам, надёжности.	Потребители и торгующие организации
6.	В какой мере объект будет согласован с другими изделиями или конкурировать с ними	Другие заказчики
7.	В какой мере объект изменит существующую ситуацию, создаст новые потребности новые возможности, трудности.	Операторы больших систем или группы пользователей
8.	В какой мере его прямые и побочные эффекты приемлемы для всех, кого они касаются	Госучреждения, общественные группы

Чаще всего заказчик ничего не выигрывает, если у изделия выявится какое-либо дополнительное достоинство (и даже наоборот: большая долговечность – меньше изделий - проблема). Проектировщик же осознает, какие варианты исполнения будут обладать теми или иными достоинствами (недостатками) для потребителя. Ход разработчика: – подсказать решение, убедить заказчика, но не действовать в обход – это вне его компетенции, у заказчика могут быть другие взгляды (ограничен ресурс, дешевизна, тираж). Эта моральная дилемма (можно лучше, но нельзя) в наши дни возникает часто, т.к. побочные эффекты от принимаемых проектировщиком решений растут быстрее, чем изменяются взгляды заказчика. Решение дилеммы: придать процессу проектирования “общественный” характер, чтобы каждый, кого затрагивают результаты проектирования, мог заранее подумать, что можно сделать, и мог бы повлиять на выбор вариантов.

Возрастание специализации различных видов инженерной деятельности привело в последнее время к необходимости ее теоретического описания: во-первых, в целях обучения и передачи опыта и, во-вторых, для осуществления автоматизации самого процесса проектирования и конструирования технических систем.

Лекция 2 Цели современной инженерной деятельности и ее последствия. Традиционные методы проектирования. Проблема оценки социальных, экологических и других последствий техники

Традиционные методы проектирования.

Традиционное определение: проектирование это занятие разработчиков, переводящих практические потребности на язык чертежей, схем, программ и создающих изделия, которые отвечают вкусам потребителя и соответствуют его материальным возможностям.

Предшественником современного проектировщика является отнюдь не чертёжник: первым инициатором изменения в искусственной среде был не создатель чертежей, а создатель вещей, ремесленник.

Весь свод их знаний представлял собой лишь путаную сеть предрассудков, ремесленники из века в век передавали своим детям или подмастерьям те крупницы понимания, что им удалось собрать (секреты).

Но по большей части понимание деталей было весьма туманным, а весь свод знаний был чем-то таинственным, частью народной мудрости.

Пути эволюции кустарных промыслов характеризуются следующими моментами:

1. Ремесленник не вычерчивает эскиз своего изделия и не может удовлетворительно объяснить, почему он принимает то или иное решение.

2. Изменение кустарного изделия происходит в результате проб и ошибок в процессе многовекового поиска. Этот медленный и дорогой последовательный поиск удачной конструкции может, в конце концов, привести к удивительно точно уравновешенному изделию, удовлетворяющему нужды потребителя (скрипка Амати, Страдивари, лодка поморов, парусные суда, храмы...).

3. Несовершенство процесса, при котором изменению каждый раз подвергается лишь что-то одно, а в целом пытаются опираться на ранее найденные решения, даже в тех ситуациях, когда требуется полная реорганизация всего изделия в целом (лошадь перед телегой → мотор в передней части; кучер на облучке → водитель на отдельном месте авто). Конфликт новых идей со старой базой.

4. Хранилищем всей важной информации, собранной в ходе эволюции промысла, является в первую очередь, само изделие (образец, эталон), которое остаётся постоянным и изменяется только для исправления ошибок и при возникновении новых потребностей. Частично информация хранится в виде эталонов (профили сечения, формы...) а так же в виде усваиваемых при обучении

фиксированных навыков, необходимых для воспроизведения традиционного изделия.

5. Два класса данных, наиболее важных для современного проектирования – форма изделия в целом и её логическое обоснование – не фиксируются в символической форме (в виде чертежей, расчётов) и поэтому их невозможно исследовать и изменять без эксперимента над самим изделием.

6. Проектирование в этом случае синоним изготовления. В ходе развития техники возникла необходимость в разделении процессов проектирования и изготовления. Возник чертёж, чертёжный способ проектирования.

У ремесленника не бывает двух одинаковых изделий.

Метод проектирования путём создания чертежей, схем, сегодня распространён широко.

Принципиальная разница по отношению к кустарным промыслам в том, что здесь поиск решения методом проб и ошибок отделён от производства, что эксперименты и изменения проводятся на чертеже, схеме, а не в самом изделии. Такое разделение процесса разработки от практического изготовления имеет ряд важных последствий.

1. Стало возможным задавать размеры (параметры) изделия и его частей до его изготовления, а это позволило разделить труд по изготовлению отдельных частей изделия между несколькими работниками (разделение труда и отделение работника от изделия в целом напр. Только колесо).

2. Именно преимущества, связанные с вычерчиванием изделия до его изготовления, обеспечили создание изделий слишком больших, сложных для того, чтобы они могли быть изготовлены одним ремесленником (крупные суда, здания, машины).

3. Добиться взаимного согласования частей, выполненных разными ремесленниками, можно только тогда, когда заранее заданы основные размеры, параметры изделия (т.е. исключена подгонка → серийное производство).

4. Таким образом, можно считать, что в масштабном чертеже сводятся воедино отдельные его части, которые прежде хранились в форме заученных наизусть размеров, шаблонов и эмпирических правил.

5. Возникшее вместе с чертежами разделение труда дало возможность менять размеры изделий и увеличить темп их изготовления. Мелкие стандартные детали делаются одновременно и требуют лишь однообразного ручного либо машинного труда (специализация). Жёстко фиксируют стыковочные размеры, исключают подгонку → потерю качества, индивидуальности изделия (отличие от “ручной” работы). Трудности и радости творчества уходят из про-

изводственной сферы и становятся уделом нового вида работников – проектировщиков – тех, кто изготавливает чертежи. У проектировщика, работающего над чертежом, появилось гораздо более обширное “поле представлений” чем у ремесленника. Конструктор может “видеть” всё изделие целиком, манипулировать им (и его частями) и ничего – ни неполнота сведений, ни боязнь дорогостоящей переделки самого изделия уже не мешает вносить в конструкцию даже принципиальные изменения.

Разработка законченной конструкции – многоцикловый процесс достижения равновесия, баланса всех составляющих изделия. Эта необходимость всё время цикл за циклом двигаться по кругу заставляет проектировщика в поисках новых решений работать не более чем над одним проектом одновременно, вместо того, чтобы сопоставлять между собой несколько альтернативных проектов. Традиционный метод заключается в том, что на листах бумаги вычерчиваются последовательные варианты решений.

Отправная точка разработки – единая конструкция, которая предстаёт перед мысленным взором конструктора (замысел). Основным критерием для оценки различных вариантов конструкции служит увязка (геометрическая, электрическая, логическая).

Таким образом, процесс конструирования чертёжным способом можно рассматривать как ускоренный вариант эволюции кустарного промысла, позволяющий за один раз изменить не одну деталь, а целую совокупность.

С другой стороны, проектировщик чувствует себя менее уверенно, чем кустарь, при оценке возможности изготовления изделия, его работоспособности, его технологичности, - здесь конструктору приходится полагаться на свой опыт, своё воображение. Для преодоления этих трудностей – стажировка конструкторов, во время которой они учатся распознавать нетехнологичные, дорогостоящие, неприемлемые для потребителя варианты решений. Вводится фильтр: в производство передаётся чертёж, одобренный главным конструктором; сначала много брака. Но нет точного языка для описания накопленного опыта. На чертеже невозможно отразить требования потребителей и трудности производства. В какой-то мере проблему оценки можно решить изготовлением моделей, макетов, опытных образцов, а так же путём расчётов технических и эксплуатационных характеристик.

Отметим следующее: над чертежом одновременно может работать только один человек, и все ситуации, которым должна удовлетворять конструкция, приходится держать в одной голове. Из-за этого на ранних стадиях проектирования чертёжным способом работу ведёт всего один человек (главный кон-

структор, ведущий конструктор). Только после того, как ведущему конструктору удалось сформулировать критические подпроблемы данной задачи и найти удовлетворительные решения этих подпроблем, можно распределить работу между несколькими исполнителями.

Этапы инженерного проектирования.

1. Зарождение идеи.
2. Оценка осуществимости. Отыскание комплекса поддающихся осуществлению концепций.
3. Эскизное проектирование. Отбор и разработка оптимальной концепции.
4. Рабочее конструирование. Инженерное описание конструкции (чертёж, схема, формулы).
5. Планирование. Оценка и изменение концепции в соответствии с требованиями производства, снабжения, сбыта, эксплуатации и утилизации изделия.

Если в начале этапа рабочего конструирования (4) обнаружится ложность посылок, на которых построен исходный вариант конструкции, то этот процесс не может быть реализован.

Итак, при традиционных методах невозможно привлечение многих умов к решению задачи на самом важном, начальном этапе проектирования. Принцип, в соответствии с которым для определения изделия в целом достаточно, чтобы части этого целого были продуманы одним главным конструктором, непригоден в новых ситуациях, когда необходимый для этого опыт выходит за пределы возможностей одного человека.

Инженер обязан прислушиваться не только к голосу ученых и технических специалистов и голосу собственной совести, но и к общественному мнению, особенно если результаты его работы могут повлиять на здоровье и образ жизни людей, затронуть памятники культуры, нарушить равновесие природной среды и т.д.

Когда влияние инженерной деятельности становится глобальным, ее решения перестают быть узко профессиональным делом, становятся предметом всеобщего обсуждения, а иногда и осуждения. И хотя научно-техническая разработка остается делом специалистов, принятие решения по такого рода проектам - прерогатива общества.

Никакие ссылки на экономическую, техническую и даже государственную целесообразность не могут оправдать социального, морального, психологического, экологического ущерба, который может быть следствием реализации некоторых проектов. Их открытое обсуждение, разъяснение достоинств и

недостатков, конструктивная и объективная критика в широкой печати, социальная экспертиза, выдвижение альтернативных проектов и планов становятся важнейшим атрибутом современной жизни, неизбежным условием и следствием ее демократизации.

Изначальная цель инженерной деятельности - служить человеку, удовлетворению его потребностей и нужд. Однако современная техника часто употребляется во вред человеку и даже человечеству в целом. Это относится не только к использованию техники для целенаправленного уничтожения людей, но также к повседневной эксплуатации инженерно-технических устройств.

Если инженер и проектировщик не предусмотрели того, что, наряду с точными экономическими и четкими техническими требованиями эксплуатации, должны быть соблюдены также и требования безопасного, бесшумного, удобного, экологичного применения инженерных устройств, то из средства служения людям техника может стать враждебной человеку и даже подвергнуть опасности само его существование на Земле.

Эта особенность современной ситуации выдвигает на первый план проблему этики и социальной ответственности инженера и проектировщика перед обществом и отдельными людьми.

Проблемы негативных социальных и других последствий техники, проблемы этического самоопределения инженера возникли с самого момента появления инженерной профессии. Леонардо да Винчи, например, был обеспокоен возможным нежелательным характером своего изобретения и не захотел предать гласности идею аппарата подводного плавания - "из-за злой природы человека, который мог бы использовать его для совершения убийств на дне морском путем потопления судов вместе со всем экипажем".

Еще ранее - в XV столетии - люди уже были озабочены тем, какие социальные проблемы принесет с собой новая техника. Отказ от внедрения новых технических решений тормозил технический и экономический прогресс, приходил в противоречие с требованиями нарождающейся рыночной экономической системы.

Однако сегодня человечество находится в принципиально новой ситуации, когда невнимание к проблемам последствий внедрения новой техники и технологии может привести к необратимым негативным результатам для всей цивилизации и земной биосферы. Кроме того, мы находимся на той стадии научно-технического развития, когда такие последствия возможно и необходимо, хотя бы частично, предусмотреть и минимизировать уже на ранних стадиях разработки новой техники.

Перед лицом вполне реальной экологической катастрофы, могущей быть результатом технологической деятельности человечества, необходимо переосмысление самого представления о научно-техническом и социально-экономическом прогрессе.

Однако в данном разделе мы хотели бы остановиться на тех практических изменениях в структуре современной инженерной деятельности и социальных механизмах ее функционирования, которые, хотя бы частично, позволяют обществу контролировать последствия технических проектов в обозримом будущем.

Оценка современного научно-технического прогресса: конструктивные решения

Такие последствия развития атомной энергетики, как последствия чернобыльской катастрофы, не всегда возможно предсказать. Но необходимо, хотя бы попытаться это сделать по отношению к новым проектам, проводить соответствующие исследования, выслушивать мнения оппозиционеров еще до принятия окончательного решения, создать правовые механизмы, регулирующие все эти вопросы. В развитых западных странах это связано с так называемой "оценкой техники".

Рассмотрим эти проблемы на примере США и ФРГ, пожалуй, наиболее передовыми в разработке этих вопросов. В 1966 году подкомиссия Конгресса Соединенных Штатов Америки по науке, исследованию и развитию подготовила доклад о непосредственных и побочных следствиях технологических инноваций. В 1967 г. председатель этой подкомиссии представил проект закона о создании "Совета по оценке техники". Целью Совета было стимулировать дискуссию по этой важной проблематике и институализировать ее в высшем законодательном органе государства. После многочисленных дискуссий, консультаций, критики различных вариантов законопроекта 13 сентября 1972 г. президент США подписал закон об оценке техники. Закон, в частности, предусматривал создание Бюро по оценке техники при Конгрессе США – ОТА, задачей которого стало обеспечение сенаторов и конгрессменов объективной информацией в данной области. Одновременно в самом Конгрессе был создан Совет по оценке техники – ТАВ, в состав которого вошли 6 конгрессменов и 6 названных президентом сенаторов, причем с явным намерением создать независимый от исполнительной власти орган.

Наряду с ним закон предусматривал создание Сопроводительного совета по оценке техники, в который вошли десять представителей общественности, названных ТАВ, и который выполняет консультационные функции. Закон 1972 года гласил: "Главной задачей Бюро должна стать выработка на ранних этапах указаний на возможные позитивные или негативные следствия технических

применений, а также сбор и обеспечение дальнейшей информации, которая могла бы поддержать Конгресс в генерации и координации решений.

В процессе решения этой задачи Бюро должно:

1 идентифицировать имеющие место или предвидимые следствия техники или технологических программ;

2 устанавливать, насколько это возможно, причинно-следственные отношения;

3 показать альтернативные технические методы для реализации специфических программ;

4 показать альтернативные программы для достижения требуемых целей;

5 приняться за оценку и сравнение следствий альтернативных методов и программ;

6 представить результаты законченного анализа ответственным органам законодательной власти;

7 указать области, в которых требуется дополнительное исследование или сбор данных, чтобы предоставить достаточную поддержку для оценки того, что обозначено в пунктах с (1) по (5) данного подраздела;

8 осуществлять дополнительные родственные виды деятельности, которые определяются ответственными органами обеих палат Конгресса.

Бюро по оценке техники управляется Советом по оценке техники Конгресса и подразделяется на три оперативных отдела, каждый из которых курирует выполнение трех центральных программ:

1. отдел энергетики, ресурсов и интернациональной безопасности, включает такие программы, как "энергетика и ресурсы"; "промышленность, технология и занятость"; "международная безопасность и торговля";

2. отдел здравоохранения и наук о жизни, включающий такие программы, как "пищевые продукты и возобновимые ресурсы"; "здравоохранение"; "прикладная биология";

3. отдел естествознания, информации и возобновимых ресурсов, включающий такие программы, как "информационные и коммуникационные технологии"; "океан и окружающая среда"; "естествознание, воспитание и транспорт".

В качестве одной из основных конструктивных задач ОТА формулируется задача "раннее предупреждение негативных последствий техники".

В Германском Бундестаге аналогичная комиссия для оценки следствий техники и создания рамочных условий технического развития была создана в 1986 г. с акцентом на обсуждение проблем охраны окружающей среды. Позднее на основе парламентского Постановления от 16.11. 1989 г. было создано

Бюро по оценке последствий техники Германского Бундестага - на базе отдела прикладного системного анализа Центра ядерных исследований Карлсруэ, в котором работает междисциплинарная группа ученых - представителей естественных, общественных и технических наук.

Задача Бюро, в частности, состоит в улучшении информационной поддержки принимаемых решений и интенсификации взаимодействия между парламентом, наукой и общественными группами.

Наибольший интерес для нас представляют инициативы Союза немецких инженеров (СНИ), принявшего в 1991 г. директивы "Оценка техники: понятия и основания". Последнее демонстрирует еще один важный путь влияния на повышение чувства социальной ответственности инженеров. Интересно, что инициатива исходила со стороны самого инженерного сообщества. Директивы адресованы инженерам, ученым, проектировщикам и менеджерам, т.е. людям, которые создают и определяют новое техническое развитие.

Цель этого документа - способствовать общему пониманию понятий, методов и областей оценки современной техники.

Если техника как совокупность артефактов и может быть квалифицирована как этически нейтральная, то в директивах СНИ предлагается расширенное понимание техники: - как множества ориентированных на пользу, искусственных, предметных формаций (артефактов или предметных систем); - как множества человеческих деятельности и направлений, в которых эти предметные системы возникают; - как множества человеческих деятельности, в которых эти предметные системы используются.

Директивы, таким образом, предполагают, что техническая деятельность всегда содержит как необходимую компоненту оценку техники и не все, что технически осуществимо, должно быть обязательно создано. Таким образом, согласно вновь формулируемой теории оценки технической деятельности, техника не является ценностно нейтральной и должна удовлетворять целому ряду ценностных требований - не только технической функциональности, но и критериям экономичности, улучшения жизненного уровня, безопасности, здоровья людей, качества окружающей природной и социальной среды и т.п.

Наконец, в директивах СНИ дается следующее определение оценке техники: "Оценка техники означает планомерное, систематическое, организованное мероприятие, которое анализирует состояние техники и возможности ее развития; оценивает непосредственные и опосредованные технические, хозяйственные, в плане здоровья, экологические, гуманные, социальные и другие следствия этой техники и возможные альтернативы; высказывает суждение на основе определенных целей

и ценностей или требует дальнейших удовлетворяющих этим ценностям разработок; вырабатывает для этого деятельностные и созидательные возможности, чтобы могли быть созданы условия для принятия обоснованных решений и в случае их принятия соответствующими институтами для реализации".

Таким образом, оценка техники становится сегодня составной частью инженерной деятельности. Вероятно, следовало бы говорить о социальной оценке техники, но в таком случае не фиксируются такие важные аспекты, как например, экологический. Иногда оценку техники называют также социально-гуманитарной (социально-экономической, социально-экологической и т.п.) экспертизой технических проектов.

Оценка техники, или оценка последствий техники, является междисциплинарной задачей и требует, несомненно, подготовки специалистов широкого профиля, обладающих не только научно-техническими и естественнонаучными, но и социально-гуманитарными знаниями. Однако это не означает, что ответственность отдельного рядового инженера при этом уменьшается - напротив, коллективная деятельность должна сочетаться с индивидуальной ответственностью. А такая ответственность означает необходимость развития самосознания всех инженеров в плане осознания необходимости социальной, экологической и т.п. оценки техники.

Еще в начале нашего столетия русский инженер и философ техники П. К. Энгельмейер писал: "Инженеры часто и справедливо жалуются на то, что другие сферы не хотят признавать за ними то важное значение, которое должно по праву принадлежать инженеру.... Но готовы ли сами инженеры для такой работы?.. инженеры по недостатку общего умственного развития, сами ничего не знают и знать не хотят о культурном значении своей профессии и считают за бесполезную трату времени рассуждения об этих вещах.... Отсюда возникает задача перед самими инженерами: внутри собственной среды повысить умственное развитие и проникнуться на основании исторических и социологических данных всею важностью своей профессии в современном государстве". Эти слова не потеряли актуальности и сегодня.

Социотехническое проектирование

"Расслоение" инженерной деятельности приводит к тому, что отдельный инженер, во-первых, концентрирует свое внимание лишь на части сложной технической системы, а не на целом и, во-вторых, все более и более удаляется от непосредственного потребителя его изделия, конструируя артефакт (техническую систему) отделенным от конкретного человека, служить которому прежде всего и призван инженер. Непосредственная связь изготовителя и по-

требителя, характерная для ремесленной технической деятельности, нарушается. Создается иллюзия, что задача инженера - это лишь конструирование артефакта, а его внедрение в жизненную канву общества и функционирование в социальном контексте должно реализовываться автоматически. Однако сегодня создание автомобиля - это не просто техническая разработка машины, но и создание эффективной системы обслуживания, развитие сети автомобильных дорог, скажем, скоростных трасс с особым покрытием, производство запасных частей и т.д. и т.п. Строительство электростанций, химических заводов и подобных технических систем требует не просто учета "внешней" экологической обстановки, а формулировки экологических требований как исходных для проектирования. Все это выдвигает новые требования как к инженеру и проектировщику, так и к представителям технической науки. Их влияние на природу и общество столь велико, что социальная ответственность их перед обществом неизмеримо возрастает, особенно в последнее время.

Современный инженер - это не просто технический специалист, решающий узкие профессиональные задачи. Его деятельность связана с природной средой, основой жизни общества, и самим человеком. Поэтому ориентация современного инженера только на естествознание, технические науки и математику, которая изначально формируется еще в вузе, не отвечает его подлинному месту в научно-техническом развитии современного общества.

Решая свои, казалось бы, узкопрофессиональные задачи, инженер активно влияет на общество, человека, природу и не всегда наилучшим образом. Это очень хорошо понимал еще в начале XX столетия русский инженер-механик и философ-техники П. К. Энгельмейер: "Прошло то время, когда вся деятельность инженера протекала внутри мастерских и требовала от него одних только чистых технических познаний. Начать с того, что уже сами предприятия, расширяясь, требуют от руководителя и организатора, чтобы он был не только техником, но и юристом, и экономистом, и социологом".

Эта социально-экономическая направленность работы инженера становится совершенно очевидной в рамках рыночной экономики - когда инженер вынужден приспособлять свои изделия к рынку и потребителю.

Задача современного инженерного корпуса - это не просто создание технического устройства, механизма, машины и т.п. В его функции входит и обеспечение их нормального функционирования в обществе (не только в техническом смысле), удобство обслуживания, бережное отношение к окружающей среде, наконец, благоприятное эстетическое воздействие и т.п.

Мало создать техническую систему, необходимо организовать социальные условия ее внедрения и функционирования с максимальными удобствами и пользой для человека. Отрицательный опыт разработки автоматизированных систем

управления (АСУ), например, очень хорошо показывает недостаточность узкотехнического подхода к созданию сложных человеко-машинных систем.

В эту сферу, по сути дела, социотехнических разработок первоначально пришли специалисты из самых разных областей науки и техники и вполне естественно привнесли с собой соответствующее видение объекта исследования и проектирования. Скажем, специалисты в области теории автоматического регулирования видели в АСУ лишь совокупность передаточных функций и определенных структурных блоков, которые надо связать.

Социотехническое проектирование существенно отличается не только от традиционной инженерной, но и системотехнической деятельности. И хотя последняя также направлена на проектирование человеко-машинных систем, системотехническое проектирование является более формализованным и четко ориентированным главным образом на сферу производства.

Социотехническое же проектирование выходит за пределы традиционной схемы "наука-инженерия-производство" и замыкается на самые разнообразные виды социальной практики (например, на обучение, обслуживание и т.д.), где классическая инженерная установка перестает действовать, а иногда имеет и отрицательное значение. Все это ведет к изменению самого содержания проектной деятельности, которое прорывает ставшие для него узкими рамки инженерной деятельности и становится самостоятельной сферой современной культуры.

Социотехническая установка современного проектирования оказывает влияние на все сферы инженерной деятельности и всю техносферу. Это выражается прежде всего в признании необходимости социальной, экологической (и аналогичных) оценки техники, в осознании громадной степени социальной ответственности инженера и проектировщика.

Социотехническое проектирование - это проектирование без прототипов, и поэтому оно ориентировано на реализацию идеалов, формирующихся в теоретической или методологической сферах или в культуре в целом. Его можно охарактеризовать как особое проектное движение, в которое вовлечены различные типы деятельности: производственная, социального функционирования, эксплуатационная, традиционного проектирования и т.п.

Рассмотрим основные проблемы социотехнического проектирования на примере градостроительного, эргономического проектирования, дизайна систем (художественного конструирования) и оргпроектирования. В градостроительном проектировании особенно остро стоит задача внедрения, с которой тесно связана разработка идей "перманентного проектирования", когда отдельные стадии реализации проектов уточняются на основе опыта функционирования уже выполненных на предыдущих стадиях блоков проектируемой системы. В связи с этим возникает сложная проблема организации и реорганизации са-

мой проектной деятельности, процесса (точнее, цикла) проектирования. Данную функцию выполняет методология проектирования (поскольку социотехническая деятельность вынуждена ориентироваться на целый комплекс наук, а не на какую-либо одну социальную и тем более техническую дисциплину).

Методология проектирования практически обеспечивает связь проектирования с другими сферами (например, производством и потреблением), учитывая динамику каждой из этих сфер. Проникновение конкретно- методологических рекомендаций в канву проектировочной деятельности вообще характерно для всех видов социотехнического проектирования.

Продукт социотехнической деятельности - сложную систему - нельзя пощупать как объект исследования классической технической науки или как штучное изделие, бывшее продуктом традиционной инженерной деятельности. В градостроительном проектировании жизненное пространство района или квартала, людские потоки и размещение элементов бытового обслуживания остаются вне поля зрения заказчика в момент сдачи объекта в эксплуатацию. Перед ним предстает лишь совокупность зданий, асфальтированных дорог и зеленых насаждений, и весь этот комплекс должен отвечать более или менее четким техническим и эстетическим требованиям.

Однако это не означает, что последние требования существуют в реальности, а первые - нет. Напротив, недочеты авторов проекта самым непосредственным образом ощущаются жителями, влияют на их работоспособность и самочувствие. Но здесь вступают в силу социальные и психологические реалии, не регистрируемые с точки зрения традиционной инженерной позиции, которая была основана лишь на естественнонаучных знаниях и представлениях. Именно поэтому представители современных научно- технических дисциплин ищут опору в общей методологии, прежде всего в системном подходе, из которого они черпают основные понятия и представления. Однако чаще всего инженерно-технические специалисты не находят готовых интеллектуальных средств в достаточно разработанном (для решения стоящих перед ним конкретных научно-технических задач) виде и сами вынуждены становиться методологами определенного (конкретно-научного) уровня, достраивая недостающие теоретические схемы своей дисциплины.

Лекция 3

Во второй половине XX века изменяется не только объект инженерной деятельности (вместо отдельного технического устройства, механизма, машины и т.п. объектом исследования и проектирования становится сложная человеко-машинная система), но изменяется и сама инженерная деятельность, которая стала весьма сложной, требующей организации и управления. Другими словами, наряду с прогрессирующей дифференциацией инженерной деятельности по различным ее отраслям и видам, нарастает процесс ее интеграции. А для осуществления такой интеграции требуются особые специалисты - инженеры-системотехники.

Необходимость современных методов проектирования

Традиционный чертёжный метод проектирования слишком прост (не охватывает все аспекты проекта) для условий непрерывно возрастающей сложности искусственной среды. Основная трудность в том, что проектировщик утрачивает контроль над ходом разработки, так как ему кажется, будто используемый им системный метод уводит его всё дальше от искомого решения. Эта трудность заставляет предположить, что появившееся до сих пор новые методы дают лишь частичное решение современных проблем проектирования. Для определения сильных и слабых сторон традиционных методов попробуем ответить на четыре принципиальных вопроса:

1. Как решаются сложные задачи при традиционном проектировании?
2. В каком отношении современные задачи проектирования сложнее традиционных?
3. Какие межличностные барьеры мешают решению современных задач проектирования?
4. Почему сложность современных задач оказалась непосильной для традиционного процесса проектирования?

Дав ответы на эти вопросы мы можем обосновать необходимость разработки новых методов проектирования.

Как решаются сложные задачи при традиционном проектировании?

Чертёж – главный инструмент традиционного проектировщика – имеет цель значительного расширения “поля представления” проектировщика по сравнению с ремесленником. Он даёт возможность изменять параметры изделия в целом, вместо того, чтобы подобно ремесленнику вносить мелкие коррективы. Чертёж – это модель, которая легко поддаётся пониманию и изменению, и способна хранить временные решения для одной детали, пока прорабатывается другая: проектировщик получил возможность решать задачи очень большой сложности – масса вариантов. Чертёж резко сокращает затраты времени на выбор приемлемого варианта из огромного числа альтернатив. Чертёж позволяет

разработчику игнорировать почти всё поле поиска и сконцентрировать своё внимание на тех небольших его участках, где можно ожидать приемлемых решений. При переходе от внутренней увязки изделия к его согласованию с внешними условиями чертёж уже бесполезен, и разработчик опирается на свой опыт, воображение.

Факты творческого мышления:

1. Человек, стоящий на пороге оригинального решения в течение длительного периода, как кажется, только впитывает информацию (период вынашивания идеи).

2. Решение трудной задачи или возникновение новой идеи часто происходит внезапно, неожиданно (озарение) и носит характер резкого изменения формулировки задачи (смена установки). В результате такой трансформации сложная задача нередко становится простой.

3. Врагом оригинальности является негибкость мышления.

Из этих рассуждений (о чертеже и творчестве) мы можем прийти к выводу, что основной метод решения сложных задач заключается в их преобразовании в более простые. Этот процесс перекодирования или изменения структуры задачи основан на использовании некоторого образа (чертёж или мысленная конструкция) который выдвигает на передний план наиболее важные стороны проекта.

Традиционный способ решения сложных задач состоит в том, чтобы в каждый данный момент рассматривать лишь одну концепцию целого. В форме чертежа этот принцип позволяет резко сократить количество возможных решений каждой части конструкции. Когда такая стратегия упрощения не приводит к удовлетворительному результату, проектировщик преобразует начальную концепцию, заменяя её новой (иногда резко отличной от первой) и ликвидирующей первоначальные трудности.

Таким образом, в традиционных методах проектирования сложность создания проекта преодолевается путём выбора временного решения в качестве средства для оперативного исследования ситуации, которой должен удовлетворять проект, так и взаимосвязей и зависимостей между собственными частями конструкции.

В каком отношении современные задачи проектирования сложнее традиционных?

Если внимательно рассмотреть расширение процесса проектирования, включая в него кроме вопросов создания изделия так же вопросы проектирования систем, и политические и социальные аспекты поведения потребителей, связанные с отношением между системами, то к сфере деятельности проекти-

ровщика добавляются две ступени: уровень систем и уровень общественных групп. Итак – четыре уровня:

- | | | |
|-------------------------------|---|-----------------------------|
| 1. уровень компонентов | } | традиционное проектирование |
| 2. уровень изделий | | |
| 3. уровень систем | | |
| 4. уровень общественных групп | | |

Уровни 3, 4 лежат вне сферы традиционного проектирования. Необходимы методы, позволяющие предвидеть (и управлять) последствия разработки на 1 и 2 уровнях и их влияние на уровни 3 и 4.

Увеличение количества ступеней проектирования означает резкое уменьшение стабильности проектной ситуации и одновременно существенное повышение её сложности (тотальное проектирование).

Можно ожидать, что выбор технических решений будет всё больше определяться не материалами, технологией, а общественными воззрениями, идеологией (движение “зелёных”).

Сегодня задача проектирования уже не состоит в увеличении стабильности искусственной среды; она состоит в изменении – на благо или во вред – того, что определяет направление развития этой среды. На современном этапе развития возникают внешние и внутренние осложнения при проектировании.

Внешние осложнения:

- Перенос технических решений (т.е. поиск) из отдалённых областей в данную.
- Возможность возникновения побочных эффектов при использовании нового разрабатываемого изделия, которые необходимо прогнозировать на ранних стадиях разработки (калькулятор, мобильник).
- Применение единых фирменных, национальных, международных стандартов для обеспечения совместимости изделий взаимодействующих систем (TV, интернет...)
- Чувствительность к совпадениям при использовании изделий, принадлежащим к разным системам.
- Невозможность устранения крупных несоответствий между изделиями без реорганизации всей системы отношений и коренного преобразования изделий, которое позволило перераспределить функции.

Внутренние осложнения:

- Постоянный рост капиталовложений, необходимый для получения существенного экономического эффекта от новой конструкции. Стоимость

ошибки проектировщика настолько возрастает, что каждый проект должен быть удачен сразу (без проб и ошибок).

- Трудности использования сведений, взятых из посторонних источников, к данной задаче без нарушения внутреннего равновесия между частями конструкции.

- Сложность определения рациональной последовательности принятия решений, когда поток новых потребностей, новых технологических процессов, новых идей непрерывно изменяет систему отношений между параметрами решения (переосмотры проекта).

Межличностные барьеры проектирования возникают из стремления привлечь к работе всех людей, на которых влияют результаты проектирования (Верблюд – коллективно спроектированная лошадь). При коллективном проектировании каждый представляет и понимает задачу по-своему, с учётом своего образования, опыта, взглядов. Члены группы могут совершенно не замечать возникающего между ними непонимания, и работа тормозится.

Для преодоления этой трудности каждому члену группы нужно выделить роль, соответствующую его компетентности в каждом из рассматриваемых вопросов. Но как это сделать: никто из присутствующих не может судить о знаниях других членов группы (снабженец, технолог). Это возникает, когда бригада проектировщиков, состоящая из представителей разных профессий с различными интересами, ищет решение задачи на уровне системы.

Интересы типовых субъектов проектирования.

1. Заказчики – финансируют разработку, имеют узконаправленную материальную заинтересованность. Не специалист в технике. От него – краткое ТЗ, отражающее интересы в данный момент времени. От проектировщика – встречные предложения с дополнительным финансированием – “в штыки”.

2. Бригада проектировщиков – объединены общими интересами своего предприятия. Каждое радикально новое предложение будет либо приниматься без должного обоснования, либо постепенно сведётся лишь к небольшой модификации существующего положения.

3. Поставщики материалов, комплектующих могут переоценить свои возможности по отношению к радикально новым изделиям и не заметить препятствий при приспособлении своего производства к требованиям новой конструкции. Их интересует лишь объём и регулярность заказов. Контакт с ними надо начинать на ранних стадиях проекта. Консервативны по отношению к смене материалов и комплектующих.

4. Изготовители (технологи) противятся изменениям. Им не удаётся точно прогнозировать стоимость изменений в проекте до того как будет разработана подробная технология (их прогнозы запаздывают). Небольшие изменения в конструкции могут сильно повлиять на издержки производства.

5. Работники сбыта – канал сбыта самый стабильный элемент системы проектирования. Его создание и изменение требует наибольших затрат, т.к. он строится на трудно приобретаемом опыте и доверии тех людей, которым удалось согласовать существующую продукцию со взглядами оптовиков, рекламы, торговцев. Иногда сбытовики подгоняют фирму, не успевающую за изменениями спроса. Радикальные изменения изделия поддерживаются только в том случае, если уже есть спрос потребителя.

6. Покупатели – сложно приспособляются к новым изделиям. Нерешительность по отношению к радикально новой конструкции. Чувствителен к различиям в стиле, цвете...

7. Потребители – не могут заранее определить свою реакцию на нововедения. Сиюминутная выгода.

8. Операторы систем, общество – консерваторы. Не могут оценивать последствия изменений. Могут влиять по линии общественного мнения (если его соответствующим образом организовать, например закрытие АС, запреты хим. производства, общество зелёных, защиты животных...).

Почему современные задачи непосильны для традиционного проектирования?

1. Проектировщик систем лишён возможности сконцентрировать своё внимание на одном частном вопросе, чтобы решить задачу по частям, и не имеет средства выражения мысленных образов (чертёж), которое позволило бы ему нащупать промежуточные решения, и тем самым сократить пространство поиска. Применение “чертежа” блокирует возможности новаторства на уровне систем.

2. Нет возможности (при разработке систем) быстро определять осуществимость важнейших компонентов системы, нет основы для интуитивного озарения по упрощению задачи. Нужная информация рассеяна среди множества людей, по многим публикациям и т.д.

3. Часть сведений содержится в опыте, знаниях людей, противодействующих изменениям (конкуренты, незаинтересованные люди).

4. При выборе упрощающих предположений для исследования возможностей создания новой системы, исходят из ценностных суждений, а при проектировании на уровне систем, правильный выбор этих оценок имеет важное значение. Эти оценки должны соответствовать всей сумме социальных,

экономических и технических данных, необходимых для прогнозирования возможности реализации системы на всех уровнях от детали до общества.

Новые виды и новые проблемы проектирования

Таким образом, новое состояние в системном проектировании представляет собой проектирование систем деятельности. Здесь речь идет о социотехническом (в противовес системотехническому) проектировании, где главное внимание должно уделяться не машинным компонентам, а человеческой деятельности, ее социальным и психологическим аспектам. Однако проектировщики пользуются зачастую старыми средствами и неадекватными модельными представлениями.

В чем же заключается специфика современного социотехнического проектирования и что все же позволяет называть его проектированием? Прежде всего социотехническое проектирование характеризуется гуманитаризацией.

Проектирование само становится источником формирования проектной тематики и вступает тем самым в сферу культурно-исторической деятельности. Кроме того, в качестве объекта проектирования выступает и сама сфера проектной деятельности ("проектирование проектирования"). Поэтому в нем формируется особый методический слой, направленный на выработку норм и предписаний для проектных процедур, и теоретический слой, обеспечивающий методистов знаниями об этих процедурах.

В роли проектировщиков стали выступать и ученые (кибернетики, психологи, социологи). Проектирование тесно переплетается с планированием, управлением, программированием, прогнозированием и организационной деятельностью. Вовлеченные в проектное движение, они не только трансформируются сами, но и существенно модифицируют проектирование вообще.

Что же в таком случае позволяет называть все это проектированием? Сфера проектирования, хотя и включает в себя в настоящее время деятельность многих видов, оставляет на первом плане конструктивные задачи, подчиняя им все остальные.

В настоящее время в так называемом художественном конструировании определилось четкое противопоставление "штучного дизайна" (проектирования единичных промышленных изделий) и дизайна систем. Дизайн не должен лишь дополнять инженерное конструирование. Он является более развитой формой проектирования.

Особенностью дизайна систем является четкое осознание его связи с предшествующей художественной культурой. Дизайнер часто обращается за поиском образов, нужных образцов, концептуальных схем к культурному наследию человечества. Например, в контексте дизайна систем исследуется генезис типологических форм культурной программы, переосмысление класси-

цизма и романтизма не столько как исторических явлений, сколько как фундаментальных типов и моделей художественного сознания, которые программируют подходы и творческие методы в дизайне систем. Дизайн, сам являясь органической частью современной культуры, особенно рельефно подчеркивает ее проектность, которая проявляется, прежде всего, в том, что наличие нереализованных проектов не менее важно для социума, чем уже реализованных. Дизайнер выполняет сразу несколько профессиональных ролей.

Он, во-первых, выступает как исследователь и тогда действует в соответствии с нормами научно-теоретической деятельности.

Во-вторых, ему приходится выполнять функции инженера-проектировщика и методиста, рассматривать продукт своей деятельности как особого рода проект.

В-третьих, он - художник, наследующий и эстетически преобразующий все достижения предшествующей художественной культуры в целях создания нового произведения искусства. Однако он вынужден также, не отождествляя себя полностью со всеми перечисленными ролями, осознать себя как дизайнера в рамках вполне определенного профессионального сообщества. Он должен представлять объект и процесс собственной деятельности как единое целое - единую систему и целостную деятельность, как дизайн систем.

Эта многоликость, и в то же время единство, профессиональных ролей приучает его мышление к внутренней диалогичности и рефлексии, к необходимости постоянно мысленно заимствовать у участников кооперации их позиции и восстанавливать их логику, разрушает традиционную для классической естественной и технической науки монологичность и монотеоретичность, стирает грани между исследованием и проектированием, собственно получением знаний и их использованием, между знанием и деятельностью.

В одних случаях дизайнер выполняет лишь вспомогательные функции оформителя в группе проектировщиков, в других он играет ведущую роль, контролируя все параметры проектируемой вещи, но нередко он выполняет нечто среднее между этими двумя типами деятельности, координируя специалистов-проектировщиков. Кроме того, в сферу проектирования попадает и организация процесса проектирования.

Главное своеобразие дизайна систем по сравнению с дизайном вещей состоит в том, что сама организационная ситуация становится предметом осмысления, моделирования и программирования, неотъемлемой частью объекта проектирования. На примере эргономического и инженерно-психологического проектирования наиболее отчетливо видно, что здесь осуществляется проектирование именно человеческой деятельности (в человеко-машинных системах).

Это - комплексный вид деятельности, методологической основой которой является системный подход. Задачей эргономики является разработка методов учета человеческих факторов при модернизации действующей техники и создании новой технологии, а также соответствующих условий деятельности. Весьма близким к эргономическому проектированию и по генезису, и по объекту, и по структуре, и по методам является инженерно-психологическое проектирование (они различаются лишь в дисциплинарном плане: последнее более жестко ориентировано на психологию как на базовую дисциплину).

В инженерно-психологическом проектировании первоначально человеческие факторы рассматривались лишь наряду с машинными компонентами и даже как подчиненные им. В этом плане оно было вначале лишь частью системотехнического проектирования. На современном этапе развития речь идет о проектировании человеческой деятельности, в которую включены машинные средства. В настоящее время в инженерно-психологическом проектировании можно выделить три основные установки: системотехническую, инженерно-психологическую и социотехническую. В первом случае сугубо технический подход превалирует над гуманитарным.

Согласно системотехнической точке зрения, машинное функционирование, индивидуальная деятельность человека и деятельность коллектива людей могут быть адекватно описаны с помощью одних и тех же схем и методов, которые создавались для описания функционирования машины. Сторонники этой точки зрения мыслят инженерно-психологическое проектирование как составную часть системотехнического проектирования, а проект деятельности оператора для них, как правило, полностью исчерпывается алгоритмом его работы, лишь с указанием на специфику человеческого компонента.

В социотехническом проектировании объектом проектирования становится коллективная человеческая деятельность, поэтому оно неизбежно должно ориентироваться на социальную проблематику как на определяющую. Объектная же область инженерно-психологического проектирования ограничивается индивидуальными аспектами деятельности.

Таким образом, инженерно-психологическое проектирование представляет собой промежуточный вариант между системотехническим и социотехническим проектированием. Эргономическое же проектирование по самой своей сути является социотехническим, поскольку, наряду с психологией, физиологией, анатомией, гигиеной труда, в нем большое внимание уделяется социальным, социально-психологическим, экономическим и другим факторам.

Если системотехника ориентирована, в конечном счете, на максимально возможную и разумную автоматизацию человеческой деятельности как в плане объекта системотехники (автоматизация функционирования сложных систем), так

и самой системотехнической деятельности (автоматизация проектирования и конструирования), то в эргономике такой подход неприемлем принципиально.

Эргономика анализирует специфические черты деятельности сложной человеко-машинной системы, а технические средства рассматриваются как включенные в нее. И если в системотехнике с определенной поправкой можно все же считать алгоритмическое описание деятельности удовлетворительным, то с точки зрения эргономики, такое описание просто не работает (является слишком грубым и приблизительным). Поэтому эргономическое описание фиксируется в виде особых концептуальных схем деятельности, которые формируются, с одной стороны, на основе систематизации методической работы (прецеденты), а с другой - на базе конкретизации представлений деятельности, развитых в системном подходе.

Оргпроектирование связано, прежде всего, с совершенствованием, развитием, перестройкой организационных систем управления, проектированием организаций, организационных систем управления, построением структур управления организациями, с проектированием новых структурных форм организаций и т.п. Оно неразрывно связано с системным анализом как средством рационализации управленческой деятельности. Даже традиционные работы по научной организации труда осознаются сегодня как оргпроектирование.

Одним из современных направлений последнего является также проектирование организационных нововведений. Методы оргпроектирования вторгаются и в сферу системотехнической деятельности.

Во-первых, объектом проектирования становятся сами проектные организации: оргпроектирование проектных организаций, выбор структуры проекта и тому подобное;

во-вторых, проектирование сложных человеко-машинных систем, прежде всего автоматизированных систем управления экономикой, все чаще осознается как оргпроектирование, т.е. проектирование, точнее, реорганизация всей управленческой деятельности (системы управления в целом), где большое значение имеет не столько проектирование, сколько внедрение, подведение существующей системы управления под проект.

Инженер обязан прислушиваться не только к голосу ученых и технических специалистов и голосу собственной совести, но и к общественному мнению, особенно если результаты его работы могут повлиять на здоровье и образ жизни людей, затронуть памятники культуры, нарушить равновесие природной среды и т.д.

Когда влияние инженерной деятельности становится глобальным, ее решения перестают быть узко профессиональным делом, становятся предметом всеобщего обсуждения, а иногда и осуждения. И хотя научно-техническая раз-

работка остается делом специалистов, принятие решения по такого рода проектам – прерогатива общества.

Никакие ссылки на экономическую, техническую и даже государственную целесообразность не могут оправдать социального, морального, психологического, экологического ущерба, который может быть следствием реализации некоторых проектов. Их открытое обсуждение, разъяснение достоинств и недостатков, конструктивная и объективная критика в широкой печати, социальная экспертиза, выдвижение альтернативных проектов и планов становятся важнейшим атрибутом современной жизни, неизбежным условием и следствием ее демократизации.

Изначальная цель инженерной деятельности - служить человеку, удовлетворению его потребностей и нужд. Однако современная техника часто употребляется во вред человеку и даже человечеству в целом. Это относится не только к использованию техники для целенаправленного уничтожения людей, но также к повседневной эксплуатации инженерно-технических устройств.

Если инженер и проектировщик не предусмотрели того, что, наряду с точными экономическими и четкими техническими требованиями эксплуатации, должны быть соблюдены также и требования безопасного, бесшумного, удобного, экологичного применения инженерных устройств, то из средства служения людям техника может стать враждебной человеку и даже подвергнуть опасности само его существование на Земле.

Эта особенность современной ситуации выдвигает на первый план проблему этики и социальной ответственности инженера и проектировщика перед обществом и отдельными людьми.

Проблемы негативных социальных и других последствий техники, проблемы этического самоопределения инженера возникли с самого момента появления инженерной профессии. Леонардо да Винчи, например, был обеспокоен возможным нежелательным характером своего изобретения и не захотел предать гласности идею аппарата подводного плавания - "из-за злой природы человека, который мог бы использовать его для совершения убийств на дне морском путем потопления судов вместе со всем экипажем".

Сегодня человечество находится в особой ситуации, когда невнимание к проблемам последствий внедрения новой техники и технологии может привести к необратимым негативным результатам для всей цивилизации и земной биосферы. Кроме того, мы находимся на той стадии научно-технического развития, когда такие последствия возможно и необходимо, хотя бы частично, предусмотреть и минимизировать уже на ранних стадиях разработки новой техники. Перед лицом вполне реальной экологической катастрофы, могущей быть результатом технологической деятельности человечества, необходимо пе-

реосмысление самого представления о научно-техническом и социально-экономическом прогрессе.

Трудности проектирования:

- предположение о конечном результате проектирования приходится делать еще до того, как исследованы средства его достижения;
- часто случается, что в ходе исследования событий в обратном порядке (от конечного результата) обнаруживаются непредвиденные трудности или открываются новые, более благоприятные возможности.

Следует особо отметить следующее замечание [7] :

"... самая интересная и самая сложная часть разработки - это как раз поиск решения путем изменения формулировки задачи".

Основными особенностями исходных данных для проектирования ИС являются следующие:

- большое количество действий, подлежащих реализации (многофункциональность);
- значительный объем и сложность ограничений на взаимосвязи проектируемой системы с окружением и трудности их формального описания;
- распределенный и асинхронный режим обработки данных;
- многообразие используемых информационных объектов и их свойств;
- нечеткость требований, их субъективный характер;
- неполнота требований, их расширение в процессе проектирования, необходимость учета развития системы.

Перечисленные особенности исходных данных обосновывают необходимость развития такого направления в проектировании информационных систем (ИС) как функциональные спецификации (ФС). Разработка ФС тесно связана с обоснованием включения тех или иных действий в функциональные требования, но не заменяет его. Для математически определенного действия достаточно включить его наименование с указанием типов исходных данных. Однако при проектировании ИС именно выявление сущности выполняемого действия составляет один из важнейших элементов проектирования.

Системотехника – направление в кибернетике, изучающее вопросы планирования, проектирования, конструирования и поведения сложных информационных систем, основу которых составляют универсальные средства преобразования информации – электронные вычислительные машины (ЭВМ) [24].

Системотехника – как направление системного проектирования, которое связано с разработкой и исследованием автоматизированных систем обработки данных.

Риски проекта

При оценке риска проекта рассматриваются характеристики трех составляющих:

- заказчик;
- исполнитель;
- проект.

Характеристики Заказчика, влияющие на оценку риска проекта:

- стабильность организационной структуры;
- удовлетворенность Заказчика организационной структурой;
- уровень формализации процессов обработки данных в существующей технологии;
- существующий уровень автоматизации процессов сбора и обработки данных;
- уровень подготовки кадров в области автоматизированной технологии обработки данных.

Характеристики Исполнителя, влияющие на оценку риска проекта:

- опыт разработки прикладного программного обеспечения (ПО);
- опыт работы с системным ПО;
- опыт работы с техническими средствами;
- предполагаемая смена технической и программной среды;
- наличие в группе специалистов данной предметной области.

Общие показатели проекта, влияющие на оценку риска проекта:

- уровень охвата автоматизацией процессов обработки данных;
- наличие территориально-разнесенных подразделений;
- объем обрабатываемых данных;
- наличие прототипов;
- требования к времени ответа;
- требования к достоверности данных;
- требования к надежности;
- требования к обслуживающему персоналу;
- характер обработки данных (сбор, поиск, представление, оптимизация).

Выводы.

Пространство, в котором нам приходится вести поиск новых систем, реализуемых на основе оригинальных изделий и узлов, слишком велико для упорядоченного обследования и слишком неизведанно для того, чтобы в нём могли

разобраться люди, знания и опыт которых ограничивается рамками одной из существующих специальностей в области проектирования и планирования.

Нужны специалисты широкого профиля, творческое мышление которых базировалось бы на глубоких теоретических и практических знаниях об изменениях на всех уровнях – от общественных движений до конструкции деталей (системщик).

Необходимы новые методы, которые обеспечивали бы достаточный объём информации для принятия решений на каждом уровне проектирования.

Лекція 4 Концепція системотехніки. Розвиток системотехнічних уявлень. Основні поняття системотехніки. Сутність та основні елементи системотехніки. Етапи розробки системи, фази та операції СТД. Функції системотехніки.

Анализ системотехнической деятельности показывает, что она неоднородна и включает в себя различные виды инженерных разработок и научных исследований. В нее оказываются вовлеченными многие отраслевые и академические институты; над одними и теми же проектами трудятся специалисты самых различных областей науки и техники. В силу этого координация всех аспектов системотехнической деятельности оказывается нетривиальной научной, инженерной и организационной задачей.

Системотехническая деятельность осуществляется различными группами специалистов, занимающихся разработкой отдельных подсистем. Расчленение сложной технической системы на подсистемы идет по разным признакам: в соответствии со специализацией, существующей в технических науках; по области изготовления относительно проектировочных и инженерных групп; в соответствии со сложившимися организационными подразделениями.

Каждой подсистеме соответствует позиция определенного специалиста (имеется в виду необязательно отдельный индивид, но и группа индивидов и даже целый институт). Эти специалисты связаны между собой благодаря существующим формам разделения труда, последовательности этапов работы, общим целям и т.д.

Кроме того для реализации системотехнической деятельности требуется группа особых специалистов (скорее, их следует назвать универсалистами) - координаторов (главный конструктор, руководитель темы, главный специалист проекта или службы научной координации, руководитель научно-тематического отдела). Эти специалисты осуществляют координацию, равно как и научно- тематическое руководство и в плане объединения различных подсистем, и в плане объединения отдельных операций системотехнической деятельности в единое целое.

Подготовка таких универсалистов требует не только их знакомства со знаниями координируемых ими специалистов, но и развернутого представления о методах описания самой системотехнической деятельности. Среди имеющихся способов такого описания рассмотрим три основных: членение системотехнической деятельности по объекту (этапы разработки системы); описание последовательности фаз и операций системотехнической деятельности; анализ ее с точки зрения кооперации работ и специалистов.

Этапы разработки системы

Этапы разработки системы выделяются в соответствии с членением системотехнической деятельности по объекту. В ходе проектирования представление о сложной технической системе изменяется. Происходит последовательная конкретизация моделей этой системы. Рассмотрим этот способ описания системотехнической деятельности на примере работы У. Гослинга "Проектирование технических систем". В ней представлены общие процедурные правила создания систем на различной материальной основе.

Системотехническая деятельность рассматривается как процесс синтеза функциональной модели системы и затем ее преобразования в структурную модель (или ее реализации). Каждый этап связывается с определенными средствами символического и графического представления системы.

Функциональная модель воспроизводит протекание в реальной системе субстанции (вещества, энергии или информации), т.е. преобразует входную субстанцию в выходную адекватно функционированию реальной технической системы. Гослинг назвал такую модель поточной системой. Здесь могут вводиться определенные промежуточные преобразования, т.е. описываться операции, которые выполняет каждый элемент системы по отношению к внутреннему потоку. В качестве функциональных моделей могут быть использованы, например, алгебраические модели.

Структурные модели делятся на диаграммы протекания субстанции и блок-схемы. Диаграмма протекания субстанции показывает последовательность операций (более детально, чем это дано в функциональной модели, где строгая последовательность может и не соблюдаться) и дает минимум информации о плане построения системы: идентификацию элементов и схему связей. В блок-схеме даны форма субстанции на входах одного и выходах другого элемента. Для этой цели используются особые элементы - трансдюссы - преобразователи формы субстанции.

Функциональные модели могут быть получены тремя способами.

В первом и во втором случаях предварительно существует прототип системы. В первом случае он дан в виде блок-схемы, а во втором - в виде последовательности инструкций. На блок-схеме может быть получена диаграмма протекания субстанции, а из нее - функциональная модель. Из последовательности инструкций сначала строятся поточные диаграммы для различных групп инструкций, которые затем собираются в единую функциональную модель.

В третьем случае такого прототипа системы нет. Функциональная модель может быть получена либо с помощью аналогий, либо задача сводится к подси-

стемам, либо модель составляется с помощью модификации некоторых элементов доступной системы.

Наконец, возможно изменение проблемы, если функциональная модель не может быть получена ни одним из указанных выше способов. На этапе реализации функциональная модель представляется в виде поточной диаграммы. С помощью перестановки блоков, замены нескольких блоков одним, разделением одного блока на несколько блоков, эквивалентным изменением связей между блоками и т.п. из функциональной модели получается множество поточных диаграмм.

Чтобы реализовать некоторые поточные диаграммы, проектировщику необходим каталог элементов, из которого выбираются системные элементы, имеющие свойства, как можно более близкие к свойствам идеализированных элементов поточных диаграмм.

В результате получается блок-схема, соответствующая техническим условиям, сформулированным в техническом задании. Важно подчеркнуть, что для создания системы недостаточно какого-либо одного описания, необходимо сочетание блок-схемы, поточной диаграммы и функциональной модели.

В процессе проектирования они постоянно корректируются и подгоняются друг к другу за счет возвращения на предыдущие стадии. В результате получается некоторое целостное описание системы, составляющие которого взаимно дополняют друг друга.

Членение системотехнической деятельности по объекту во многом зависит от того, каким образом представляется инженером-системотехником сама сложная техническая система. Такое членение определяется не только объективными характеристиками, но и возможностями проектирования, изучения, изготовления этой системы. Оно используется для организации функционирования подсистем и объединения их в единую систему.

При членении системотехнической деятельности в соответствии со структурой технической системы обычно выделяются следующие ее этапы: макропроектирование (или, иными словами, внешнее проектирование), микропроектирование (или внутреннее проектирование), а также проектирование окружающей среды, которое связано с формулировкой целей системы; разбивка системы на подсистемы (т.е. разделение и распределение функций); проектирование подсистем; изучение их взаимодействия и интеграция системы.

Фазы и операции системотехнической деятельности

Второй способ описания системотехнической деятельности заключается в выделении в ней последовательности фаз, а в самих этих фазах – цепи дей-

ствий, или обобщенных операций. Описание системотехнической деятельности как последовательности фаз и операций соответствуют ее разбивке с точки зрения временной организации работ, параллельной и последовательной связи между ними, возможности выделения фрагментов деятельности и т.д.

Это представление системотехнической деятельности используется главным образом для синхронной организации и установления последовательности операций (алгоритма разработки системы). Оно также служит средством решения задачи автоматизации проектирования сложных технических систем. Обычно системотехническая деятельность распадается на следующие шесть фаз: подготовка технического задания (иначе аванпроекта) – предпроектная стадия, разработка эскизного проекта, изготовление и внедрение, эксплуатация и оценка. Иногда добавляется еще одна фаза – "ликвидация", или "уничтожение" системы, что в современных условиях зачастую является весьма сложной задачей из-за возможных экологических последствий этого процесса.

На каждой фазе системотехнической деятельности выполняется одна и та же последовательность обобщенных операций. Эта последовательность включает в себя анализ проблемной ситуации, синтез решений, оценку и выбор альтернатив, моделирование, корректировку и реализацию решения.

Системотехническая деятельность как последовательность фаз, шагов и задач наиболее развернуто, представлена в книге М. Азимова "Введение в проектирование". В ней подробно рассмотрены три фазы: изучение осуществимости, предварительное проектирование и детальное проектирование. Дается следующая хронологическая структура этих фаз.

Первая фаза.

Изучение осуществимости начинается с анализа потребностей (первый шаг). Цель данной фазы - множество пригодных решений проектной проблемы. Начальной точкой системотехнической деятельности является гипотетическая потребность, существующая в определенной социально-экономической сфере. Анализ потребностей должен продемонстрировать, действительно ли существует первоначальная потребность, имеет ли она широкое распространение или является скрытой. Потребность появляется тогда, когда становится возможной ее экономическая реализация. Она предполагает определенное техническое исполнение, определенную техническую систему, которая делает ее удовлетворение возможным.

На втором шаге исследуется порожденная потребностью проектная проблема. Прежде чем пытаться найти возможные ее решения, проектная проблема должна быть определена и сформулирована.

Эта задача осуществляется на основе информации, которую мы получаем от предыдущего шага (спецификация желаемых выходов) и релевантной технической информации об окружающей среде, ресурсах и общем инженерном принципе системы. В инженерной формулировке проблемы, являющейся результатом "идентификации системы", определяются параметры системы, ограничительные условия и главные проектные критерии.

Проектируемая система рассматривается здесь как "черный ящик", содержание которого неизвестно.

Третий шаг изучения осуществимости представляет собой синтез возможных решений. Синтез заключается в "прилаживании" друг к другу частей или отдельных идей проекта с целью получения интегрированного целого.

Из полученных в результате синтеза множества внушающих доверие альтернативных решений должны быть выбраны потенциально пригодные решения проблемы. Каждое из них является абстракцией, идеализацией, которая учитывает только некоторые главные факторы, но опускает многие второстепенные факторы. Последние могут, однако, иметь решающее значение при выяснении возможности или невозможности данного решения.

Поэтому четвертый шаг заключается в определении физической реализуемости решений проблемы.

На пятом шаге из реализуемых решений выбираются экономически рентабельные решения. Однако может оказаться, что даже экономически рентабельные решения проектной проблемы не могут быть реализованы, если этого не позволяют имеющиеся финансовые ресурсы. В результате определения финансовой осуществимости (шестой шаг) остается множество пригодных решений, которые и являются результатом первой фазы.

Вторая фаза.

Предварительное проектирование имеет целью установить, какая из предложенных на предыдущей фазе альтернатив является наилучшей проектной идеей. Результатом этой фазы является общая идея системы, которая будет служить руководством для детального проектирования.

Первый шаг заключается в выборе из проектных идей. В множестве пригодных решений, разработанных при изучении осуществимости, должно быть определено наиболее перспективное решение как предварительная идея проекта.

Второй шаг состоит в формулировке математических моделей как прототипов проектируемой системы.

В результате анализа чувствительности системы (третий шаг) за счет экспериментирования с ее входами и выходами определяются критические про-

ектные параметры, точные пределы чувствительности системы на внешние воздействия. Определяется, какие минимальные воздействия на входы (независимые переменные) ведут к изменениям выходов (зависимые переменные).

На четвертом шаге - это анализ совместимости - система должна быть представлена как объект, сам являющийся комбинацией объектов на нижележащем уровне сложности, которые представляют собой подсистемы и могут быть комбинацией компонентов, в свою очередь состоящих из более мелких частей, имеющий иерархическую структуру.

Точные проектные параметры, которые выявлены при анализе чувствительности, должны быть откорректированы с точки зрения приспособления друг к другу подсистем и компонентов, увеличения их взаимной совместимости. В результате этого шага получаются "пригнанные параметры".

Поскольку система действует в динамической окружающей среде, она должна иметь такую стабильность, чтобы изменения в этой среде не были причиной "катастроф" в системе.

Цель анализа стабильности (пятый шаг) - исследовать поведение системы в необычных обстоятельствах, чтобы была уверенность, что система как целое не является нестабильной, определить области, в которых проектные параметры являются нестабильными, определить риск и последствия изменений окружающей среды, которые могли бы быть причиной "катастроф" в системе.

До шестого шага все главные параметры не фиксировались на определенном и едином значении. На стадии оптимизации проектного решения это необходимо сделать. Таким образом, на шестом шаге осуществляется окончательный выбор наилучшего решения среди нескольких альтернатив.

Седьмой шаг предварительного проектирования называется "проекция в будущее". Действительно, некоторые компоненты системы устаревают прежде, чем ее проектирование будет завершено. Поэтому проектировщик должен знать общее направление и тенденции технического развития. В проекте необходимо учитывать возможности технического прогресса, например, новые компоненты и подсистемы, которые могут быть добавлены к системе в будущем. Могут измениться также вкусы потребителей или предложения конкурентов, т.е. социально-экономические условия.

На восьмом шаге предполагается изучить, как сама система будет вести себя в будущем (предсказание поведения системы).

Девятый шаг осуществляется в испытательной лаборатории, где производится экспериментальная проверка идеи. Испытания не ограничиваются только доказательством удовлетворительности работы системы или ее компонентов.

Они могут также ответить на вопрос о физической реализуемости системы, если это невозможно сделать на основе анализа или прошлого опыта. Наконец, в результате ряда шагов проект становится очень сложным, поэтому, десятый шаг заключается в устранении ненужной сложности, в упрощении проекта.

Третья фаза.

Цель детального проектирования – довести предварительную идею системы до физической реализации и разработать окончательную конструкцию системы. Общая идея системы зафиксирована, подсистемы точно определены, и имеется предварительное решение выполнить полный проект. Для этого необходимы специалисты, время и деньги.

Поэтому на первом шаге (подготовка к проектированию) обосновывается бюджет и осуществляется организация проектирования.

Второй шаг заключается в общем проектировании подсистем по тем же этапам, что и предварительное проектирование системы в целом. Однако требования совместимости и совместного действия подсистем накладывают на них большие ограничения, чем факторы окружающей среды на систему в целом.

В соответствии с предварительными планами подсистем разрабатываются проекты компонент (третий шаг), что является фактически повторением проектирования подсистем. Однако проектирование на более низких уровнях становится менее абстрактным.

Результаты проектирования компонентов фиксируются в предварительных планах, которые являются основой для детального проектирования частей, являющихся элементарными составляющими компонентов (четвертый шаг).

Наконец, возникает вопрос о физической реализации, который при проектировании подсистем и компонентов был относительно второстепенным. Необходимо решить, каковы должны быть форма, материал и набор инструкций (например, способы обработки материала) для производства частей. Все это фиксируется в детальных чертежах и в спецификациях к ним. Предварительный план компонента должен быть заменен теперь точным и окончательным сборочным чертежом. Далее должны быть вычерчены соответствующие сборочные чертежи для подсистем и, наконец, для системы в целом. Этот процесс, составляющий содержание пятого шага, является итерационным.

При подготовке сборочных чертежей происходит корректировка чертежей подсистем, компонентов и частей. Имея полные сборочные чертежи, экспериментальная мастерская может построить первые материализованные прототипы - экспериментальную конструкцию системы (шестой шаг). (Иногда первый прототип и является конечным продуктом).

На седьмом шаге, после того, как экспериментальная конструкция изготовлена, составляется программа проверки продукта. Центральным становится вопрос, хорошо ли работает система с точки зрения потребителя.

На основе анализа проверочных данных (восьмой шаг) производится обнаружение дефектов, которые служат основой для перепроектирования и усовершенствования системы (девятый шаг) до тех пор, пока окончательное инженерное описание проекта не будет выполнено.

Фаза детального проектирования системы заканчивается, но ею не завершается системотехнический цикл. Он включает в себя еще планирование производства, распределения потребления и снятия с эксплуатации. Однако нас в данном случае интересует только пример описания системотехнической деятельности в виде фаз, шагов и задач, поэтому ограничимся уже рассмотренными фазами.

Каждый шаг системотехнической деятельности представлен автором как процесс, состоящий из последовательности задач. Эта последовательность является специализированным процессом решения проблемы, включающим в себя анализ проблемной ситуации, синтез решений, оценку и выбор из альтернатив, оптимизацию, пересмотр и осуществление. На каждом шаге проектирования от анализа потребностей фазы изучения осуществимости до перепроектирования (фаза детального проектирования) иногда полностью, иногда частично, решается одна и та же последовательность задач.

Кооперация работ и специалистов в системотехнике

Системотехническая деятельность представляет собой комплексный вид деятельности, включающий большое число исполнителей и функций. Целью ее является создание больших технических систем и в связи с этим - организация всех работ и специалистов, привлеченных к этой разработке.

Можно выделить "горизонтальную" и "вертикальную" структуры системотехнической деятельности. Эти структуры отражают существующую в системотехнике связь работ и специалистов: первая соответствует типам компонентов и аспектов системы (создание машинных блоков, проектирование "плоскости соприкосновения" человека и машины, разработка экономических, организационных и социальных аспектов системы и т.п.), вторая соответствует общей последовательности работ системотехнической деятельности (инженерное исследование, изобретательство, проектирование, конструирование, изготовление и внедрение, эксплуатация).

Каждую научную дисциплину, участвующую в создании сложной технической системы, фактически представляет тот или иной специалист. Например,

исследователь операций рассматривается именно как член бригады проектировщиков, что накладывает на него некоторые обязательства (знакомство с аппаратурой и помощь в принятии решений по проекту).

Каждая фаза также связывается с определенным составом бригады системотехников. Большинство или все члены такой бригады должны быть "учеными-универсалистами". Кроме того, каждый член бригады должен быть еще и специалистом в какой-нибудь узкой области (электронике, математике, той области, к которой относится решаемая задача и т.п.). Система, конечно, не может быть продуктом одних "универсалистов".

Задача инженера-системотехника состоит в организации различных специалистов при проектировании системы. Авторы рассматривают соотношение между исследованием и разработкой, возможность и необходимость дублирования работ над проектом, а также способы организации работы по проектированию системы.

Системотехническая группа может быть организована:

(1) как штабная группа при руководителе проекта (обеспечивает планы и ведение программы);

(2) как линейная группа во главе с начальником проекта, который является ее непосредственным руководителем (функционирует по всем частям проектной организации);

(3) как расчлененная группа, состоящая из руководителей групп оборудования, которые встречаются для выполнения задач проектирования системы в целом;

(4) как отдельная линейная организация на равных правах с группами оборудования, быстро переключающаяся с одного оборудования на другое;

(5) как отдельное проектное бюро.

При небольшом количестве крупных проектов наилучшей является организация (1), при большом количестве - организация (4).

Авторы представляют также подробное описание научных средств и дисциплин, используемых в системотехнической деятельности, из которого видно, что их арсенал не ограничивается лишь естественными, техническими науками и математикой, но включает в себя также инженерно-экономические исследования, индустриальную социологию и инженерную психологию, необходимую, например, для проектирования деятельности человека-оператора в сложной технической системе.

Таким образом, сегодня проектирование уже не может опираться только на технические науки. Выход инженерной деятельности в сферу социально-

технических и социально-экономических разработок привел к обособлению проектирования в самостоятельную область деятельности и трансформации его в системное проектирование, направленное на проектирование (реорганизацию) человеческой (например, управленческой) деятельности, а не только на разработку машинных компонентов. Это приводит к тому, что инженерная деятельность и проектирование меняются местами.

Если традиционное инженерное проектирование входит составной частью в инженерную деятельность, то системное проектирование, напротив, может включать (если речь идет о создании новых машинных компонентов) или не включать в себя инженерную деятельность.

Сфера приложения системного проектирования расширяется, оно включает в себя все сферы социальной практики (обслуживание, потребление, обучение, управление и т.д.), а не только промышленное производство. Формируется социотехническое проектирование, задачей которого становится целенаправленное изменение социально- организационных структур.

Лекция 5 Введение в системотехнику

Системотехнічні принципи проектування інформаційно - вимірювальних систем (ІВС). Компоненти проектування ІВС Аналіз вимог до системи. Початкові дані для проектування ІВС

История развития

Многие специалисты занимающиеся изучением системотехники затрудняются сказать точно, когда же началась история системотехники. Можно привести примеры системного мышления из очень далеких времен, но большинство авторов считает системотехнику сравнительно новым делом.

1. "Белловские телефонные лаборатории были, вероятно, первой организацией, которая употребила термин "системотехника"".

2. Фирма "Радиокорпорейшен оф Америка" (наряду с другими) в 30-е годы признала необходимость системного подхода к созданию службы телевизионного вещания. Во время и после II мировой войны многие группы исследования операций внесли свой вклад в философию и методологию системной работы.

3. "РЭНД Корпорейшен", основанная в 1946 г. ВВС США, выдвинула полезную концепцию "системного анализа" сходную с тем, что ниже будет названо первой фазой выбора систем.

4. Приблизительно в середине XX столетия, системотехника как наука начала формироваться, когда началась ломка сложившихся традиций в инженерной практике, что объяснялось потребностями повышения производительности труда и созданием больших систем, а также формированием нового методологического принципа науки и практики – системного подхода.

5. Цель создания системотехники – сократить разрывы во времени между научными открытиями и их приложением и между возникновением человеческих потребностей и производством новых систем, призванных удовлетворить эти потребности.

Методологией системотехники является методология системного подхода – методология планирования, разработки и создания систем как единого целого, общего для совершенно различных направлений человеческой деятельности.

1.3 Функции, которые выполняет системотехника.

1. Создание сложных систем посредством упрощенных описаний, т.е. моделей, отражающих определенные, наиболее важные грани сущности сложной системы, и исследовании таких моделей. Формирование моделей осуществля-

ется на основании тех данных, которые можно получить о сложной системе экспериментальными и интеллектуальными средствами. Теория имеет дело с идеализацией реальности, модель – с самой реальностью.

Один из способов исследования систем состоит в том, чтобы заменить сложную систему несколькими более простыми.

2. Описание общей схемы системотехнических работ, от формулировки общей программы проектов и до завершения отдельного проекта. Ибо схема исполнения в наибольшей мере обуславливает структуру и характеристики функции. Кроме того, относительно схемы выбора систем и ее этапов наблюдается большее согласие, чем относительно любого другого аспекта.

3. Функция анализа

Функция анализа систем состоит в выведении всех существенных следствий альтернативных систем для выбора оптимальной системы. Эти следствия затем сравниваются с начальными целями. Действительные следствия создают информационную обратную связь для функций синтеза систем и выбора целей.

4. Выведение недостоверных следствий

Нельзя принять разумное решение, не учитывая элемента неопределенности или недостоверности в некоторых следствиях. Эти неопределенности во многих случаях учитываются при помощи вероятностных суждений об исходах. Вероятности для таких суждений иногда получаются объективно, путем сбора опытных данных и нахождения распределения частот. Так поступают, например, при прогнозировании стоимости для компонента системы.

Иногда же вероятности получаются субъективно, путем интуитивного восприятия относительных частот, неявно отражающего объективные частоты, или, напротив, путем психологической оценки явных объективных вероятностей.

5. Сравнение систем

Сравнить, значит рассмотреть две или более вещи, обнаружив их сходства или различия.

Раскрытие сущности системотехники.

Системотехника, научно-техническая дисциплина, охватывающая вопросы проектирования, создания, испытания и эксплуатации сложных систем (больших систем, систем большого масштаба). При разработке сложных систем возникают проблемы, относящиеся не только к свойствам их составных частей (элементов, подсистем), но также и к закономерностям функционирования объекта в целом (общесистемные проблемы); появляется широкий круг специфических задач, таких, как определение общей структуры системы, организация

взаимодействия между подсистемами и элементами, учёт влияния внешней среды, выбор оптимальных режимов функционирования, оптимальное управление системой и т. д. По мере усложнения систем всё более значительное место отводится общесистемным вопросам, они и составляют основное содержание системотехники. Научной, главным образом математической, базой системотехники служит сравнительно новая научная дисциплина – теория сложных систем.

Для сложных систем характерна своеобразная организация проектирования – в две стадии: макропроектирование (внешнее проектирование), в процессе которого решаются функционально-структурные вопросы системы в целом, и микропроектирование (внутреннее проектирование), связанное с разработкой элементов системы как физических единиц оборудования. С. объединяет точки зрения, подходы и методы по вопросам внешнего проектирования сложных систем.

Макропроектирование начинается с формулировки проблемы, которая включает в себя, по крайней мере, три основных раздела: определение целей создания системы и круга решаемых ею задач; оценка действующих на систему факторов и определение их характеристик; выбор показателей эффективности системы. Цели и задачи системы определяют, исходя из потребностей их практического использования, с учётом тенденций и особенностей технического прогресса, а также народнохозяйственной целесообразности. Существенное значение при этом имеет опыт применения имеющихся аналогичных систем, а также чёткое понимание роли проектируемой системы в народном хозяйстве. Для оценки внешних и внутренних факторов, действующих на систему, помимо опыта эксплуатации аналогичных систем, используют статистические данные, полученные в результате специальных экспериментальных исследований. В качестве показателей эффективности выбирают числовые характеристики, оценивающие степень соответствия системы задачам, поставленным перед ней, например: для системы слепой посадки самолётов показателем эффективности может служить вероятность успешной посадки, для междугородной телефонной связи – среднее время ожидания соединения с абонентом, для производственного процесса – среднее число изделий, выпускаемых за смену, и т. д. Материалы по изучению целей и задач и результаты проведённых экспериментов используют для обоснования технического задания на разработку системы.

В соответствии с техническим заданием намечают один или несколько вариантов системы, которые, по мнению проектировщиков, заслуживают дальнейшего рассмотрения и подробного исследования. Анализ вариантов системы

проводится по результатам математического моделирования. На практике обычно отдаётся предпочтение имитационному моделированию системы на ЦВМ. Имитационная модель представляет собой некий алгоритм, при помощи которого ЦВМ вырабатывает информацию, характеризующую поведение элементов системы и взаимодействие их в процессе функционирования. Получаемая информация позволяет определить показатели эффективности системы, обосновать её оптимальную структуру и составить рекомендации по совершенствованию исследуемых вариантов. Существуют и аналитические методы оценки свойств сложных систем, основанные на результатах применения теории вероятностных (случайных) процессов.

Проектировщики сложных систем – специалисты широкого профиля, инженеры-системотехники, обладающие достаточными знаниями в конкретной области техники (например, в машиностроении, электронике, пищевой промышленности, авиации), имеющие повышенную математическую подготовку, а также знающие основы вычислительной техники, автоматизации управления, исследования операций и особенности их практического применения. Помимо них в группу внешнего проектирования сложных систем обычно включают специалистов по системному анализу и математическому моделированию, а также инженеров, способных организовать взаимодействие между элементами системы.

Существенные особенности имеют испытания сложных систем. Натурный эксперимент в чистом виде используется только для оценки параметров важнейших элементов системы. В комплексных же испытаниях системы значительную роль играют имитационные модели. В частности, на их основе строят имитаторы воздействий внешней среды, генераторы фиктивных сигналов и сообщений, формируют реализации процессов функционирования элементов, участие которых в натурном эксперименте нецелесообразно.

Системотехника не допускает простого, ясного определения в одно предложение. У нее много граней, и полное определение ее также должно быть многогранно. Для того чтобы в достаточной мере учесть все стороны, пришлось бы разобрать следующие вопросы:

- а) развитие системотехники;
- б) процесс выбора систем (обобщенный из конкретных случаев);
- в) цели системотехники;
- г) образчики работ, именуемых выбором систем;
- д) организационные меры по осуществлению функции;
- е) орудия и методы системотехники;

ж) люди, занятые в ней;

з) ее отношение к другим областям, таким, как администрация, выбор приложений, исследование операций и т. д.

Эти вопросы простираются от общих философских до узких технических;

Выделение основных элементов системотехники

Сетевые методы и модели наиболее широко используются в практике проектирования систем. Так, например, в состав проекта организации системы, в качестве основного документа должен быть включен комплексный укрупненный сетевой график возведения системы. Сетевые модели позволяют отразить многообразие взаимосвязей и последовательность выполнения работ в соответствии с принятыми методами их выполнения, содержат необходимую информацию о ходе возведения системы и являются инструментом для нахождения наилучшего варианта организации системы.

Метод моделирования систем с использованием сетевых моделей предполагает, что каждая работа, включаемая в модель, имеет конкретное содержание, точный физический объем и выполняется в заданной, технологической и организационной последовательности. Работы по построению системы упорядочиваются, по определенным правилам, в сетевой модели. Рассчитываются ранние и поздние сроки начала и окончания работ, резервы времени. В случае, если рассчитанные параметры не отвечают директивным срокам и возможностям организации производства, сетевая модель подвергается корректировке. Модель вычерчивается в масштабе времени. Оптимизация производится по времени, ресурсам. Для отображения сетевых моделей служат графы.

Поточные методы и модели. Сущность поточного метода возведения систем заключается в расчленении производственного процесса на составляющие элементы для последующей их взаимной увязки. Основным принципом поточного метода являются непрерывность и ритмичность процесса, что достигается строгой очередностью работы, а также соответствующим расчетом элементов потока (ритм, шаг, интенсивность, техническое оснащение).

Балансовые методы и модели. Данный класс моделей применяется, прежде всего, при решении задач планирования, материально-технического снабжения. Балансовая модель – это модель типа "расход-приход". Она базируется на сопоставлении наличия ресурсов (материальных, трудовых, финансовых) и потребности в них.

Балансовые модели подразделяются на статистические и динамические. Первые отражают состояние потребностей, и наличие ресурсов на определенный период времени; динамические – учитывают их сбалансированность с уче-

том длительности производственного цикла. Балансовый метод заключается в определении, количественном измерении и сопоставлении показателей, характеризующих потребности объекта систем, с аналогичными показателями источников получения ресурсов; устанавливает зависимости параметров объекта и источника.

Логико-смысловые методы и модели. Логико-смысловые модели применяются при решении задач, связанных с обработкой на ЭВМ смысловой информации, выраженной на естественном языке.

Построение модели осуществляется поэтапно.

Первым этапом построения логико-смысловой модели является постановка задачи.

Вторым этапом является описание проблемной области при помощи высказываний специалистов, экспертов. Для этого разработана информационная карта формирования фонда проблем и предложения, заполняемая экспертом.

Третий этап – это непосредственное построение модели. Построение семантической модели рекомендуется осуществлять с использованием сетевого графа.

Имитационные методы и модели. Применяются для поиска рациональных вариантов организации систем. Имитировать – значит выбрать, постичь суть явления, не прибегая к экспериментам на реальном объекте.

Модель является имитационной, если она позволяет следить за ходом реального процесса в любой промежуток времени и производить соответствующие измерения.

В качестве такой модели, как правило, используется сетевая модель, основными компонентами которой являются описания: объекта системы, средств возведения системы, а также процесса возведения этой системы.

Использование имитационного метода и моделей позволяет проектировщику оценить процесс построения системы. При этом, как правило, определяются следующие характеристики:

- временные: минимально и максимально возможные сроки окончания построения системы; сроки начала, окончания и продолжительности работ;
- стоимостные: среднегодовая и годовая выработка на единицу трудового ресурса; объем (процент объема от плановых показателей) освоения капиталовложений; экономический эффект от досрочного ввода системы в эксплуатацию; возможные потери от нарушения сроков;
- ресурсные: среднегодовая численность трудовых ресурсов; время, стоимость.

Выше перечислены лишь основные методы и модели, которые наиболее широко используются в построении систем.

Взаимодействие с внешней средой.

Системотехнику можно было бы определить через ее отношение к другим областям. Это не очень плодотворный путь, ибо она связана со многими областями и в каждой приходится отвлекаться от массы вещей, чтобы делать полезные и верные сравнения. Несмотря на это, рассмотрим здесь кратко два таких участка: исследование операций и техническое проектирование. Исследование операций тесно связано с системотехникой и порой смешивается с нею. Поэтому уместно привести несколько сравнений, которые покажут полезные сходства и не менее полезные различия.

Исследование операций обыкновенно имеет дело с эксплуатацией существующей системы, включая как людей, так и машины. Например, исследование операций рассматривает военные операции, универсальные магазины, фабрики, фермы и т. д. и анализирует различные функции в рамках этих операций: управление запасами, распределение сырых и готовых материалов, линий ожиданий, рекламу и т.д. Цель обыкновенно состоит в оптимизации, или лучшем использовании, материалов, энергии, людей и машин, уже существующих и имеющихся в наличии.

Напротив, системотехника посвящает главное внимание планированию и проектированию новых систем для лучшего выполнения существующих операций или для осуществления операций, функций или услуг, ранее не выполнявшихся.

Хотя можно привести бесчисленные примеры исследования операций задолго до того, как оно получило свое нынешнее имя, его современное рождение произошло в недрах эксплуатационных организации и частности военных учреждений Великобритании и Соединенных Штатов в период II мировой войны. Даже сегодня военные применения стоят на первом месте, и большинство членов Американского общества исследования операций работает либо для военного ведомства, либо на частных компаний, имеющих военные контракты. В вооруженных силах Соединенных Штатов объединенный комитет начальников штабов имеет группу оценки систем оружия, военно-воздушные силы – отдел анализа операций, военно-морской флот – группу оценки операций и сухопутные войска – управление оценки операций. Кроме того, военно-воздушные силы используют для более долгосрочных анализов корпорацию "РЭНД". С другой стороны, в промышленности все большее число коммерческих организации и консультантов по

вопросам управления воспринимает исследование операций как необходимую часть своей деятельности.

Как отмечалось выше, системотехника возникла и развивалась в недрах исследовательских и проектных организаций. Естественно, что другое происхождение и развитие приводят к другим целям и методам. Логические процессы, скрытые в схемах исследования операций и выбора систем, обнаруживают больше сходства, нежели различия. Фазы исследования операций, перечисленные Черчменом и др., таковы:

1. Постановка задачи,
2. Построение математической модели изучаемой системы.
3. Нахождение решения с помощью модели.
4. Проверка модели и полученного с ее помощью решения.
5. Разработка процедуры подстройки решения.
6. Осуществление решения.

Аналогии с фазами выбора систем очевидны. В этом нет ничего удивительного, так как обе области представляют собой лишь разные применения современного научного метода.

Профессора Морз и Кимбалл дали исследованию операций определение, ставшее понятным только спустя много лет "Исследование операции представляет собой научный метод, дающий в распоряжение военного командования или другого исполнительного органа количественные основания для принятия решений по действию войск или других организаций находящихся под его управлением". Цели исследования операций выросли вместе с ним самим. Теперь они определяется как "проектирование предприятия". Одно из новейших толкований гласит, что проектирование предприятия включает проектирование систем, которые оно использует, включая новые технические системы. Эта эволюция, вместе с осознанием подобия между схемой исследования операций и схемой выбора систем, вызвала предложения о том, чтобы подготовка исследователей операций и подготовка системотехников были связаны между собой.

Эти предложения оказали значительное воздействие на университеты. Стремясь удовлетворить растущий спрос на людей, подготовленных в двух перекрывающихся областях, некоторые ведущие университеты ввели для аспирантов курс "Исследование операции и системотехника". Сюда относится Калифорнийский университет в Лос-Анжелесе, Пенсильванский университете, Мичиганский университет и университет им. Джона Гопкинса

В самой системотехнике Гуд и Макол утверждали, что исследователь операций является хорошим членом системотехнической бригады, особенно на

стадиях постановки задачи и окончательной оценки. Косяков и Меррилл, оба исходившие из опыта проектирования систем управления снарядами, прямо заявляют, что уяснение потребности, составление общих требований к системе и окончательная оценка суть задачи по исследованию операций. Это верно, если речь идет о процессе выбора систем в условиях тех организационных взаимоотношений, какие в Соединенных Штатах существуют между Министерством обороны и его гражданскими подрядчиками.

Включает ли системотехника исследование операций или наоборот, не столь важно. Предвзятые мнения лишь способствуют маскировке полезных взаимосвязей, которые могут существовать между двумя областями.

От системного подхода в исследовании операций системотехника получила в дар новые философские идеи, ряд новых методов и знакомство с другими. Некоторые орудия, энергично пропагандируемые исследованием операций, как теория игр и линейное программирование, были полезны, но не жизненно необходимы для системотехники.

В свою очередь, системотехника обогатила исследование операций, особенно благодаря теории массового обслуживания, созданной главным образом для расчета телефонных систем у нас и в Европе. С другой стороны, такие дисциплины, как теория обратной связи и теория информации, принесли в исследовании операций мало дивидендов.

Техническое проектирование или просто проектирование связано с системотехникой теснее, чем исследование операций. Профессор Гуд не делал между ними никакого различия; в его книге термины "системотехника" и "проектирование" употребляются как синонимы. Другие философы системотехники соглашались с этой заменой и идут дальше, утверждая, что то, что сейчас называется системотехникой, в конце концов, будет рассматриваться как часть общего процесса проектирования. Некоторые идут гораздо дальше и усматривают в постепенном слиянии технического проектирования, исследования операций, системотехники, кибернетики и других областей симптомы грядущего рождения новой объединенной науки, которая будет называться, скажем, системоведением.

Компоненты проектирования ИИС

Исходные данные для проектирования ИИС

Проектирование – процесс, который дает начало изменениям в искусственной среде. Такое определение акцентирует внимание на последствиях внедрения. Проектировщик должен предвидеть конечный результат осуществ-

ления своего проекта и определить меры, необходимые для достижения этого результата.

Усиливается аспект проектирования, отражающий те изменения, которые должны произойти в среде использования результатов проектирования (производстве, сбыте, управлении и др.). Отличительная черта проектирования ИИС - коллективное проектирование.

Основной целью методологии проектирования является уменьшение цикличности и увеличение линейности проектирования [].

Проектирование представляется как цикл (рис.1.1.)

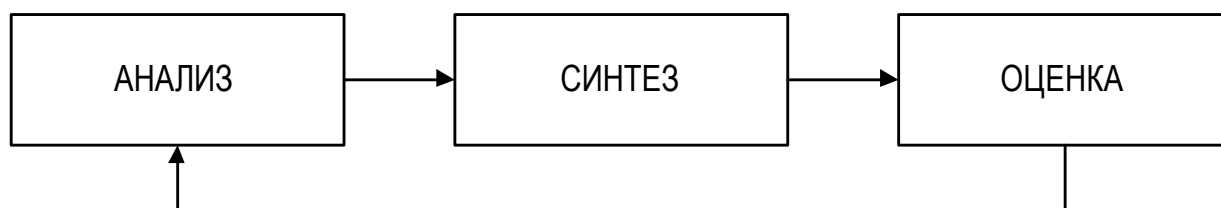


Рис. 1.1.

Каждая итерация отличается большей детализацией и меньшей общностью.

ДИВЕРГЕНЦИЯ - расширение границ проектной ситуации с целью обеспечения более обширного пространства поиска решения.

ТРАНСФОРМАЦИЯ - стадия создания принципов и концепций (исследование структуры проблемы).

КОНВЕРГЕНЦИЯ - охватывает традиционное проектирование (кодирование, отладка, проработка деталей).

Стадии разработки, модели представления, уровни детализации

Функциональные спецификации (ФС) в проектировании систем

Функциональные спецификации - это часть исходных данных для проектирования информационно-управляющей системы, определяющая, что должна сделать система и как она должна быть взаимосвязана с окружением.

Термин "**технология программирования**" относится к набору дисциплин, который необходим для спецификации проектирования и написания математического обеспечения ЭВМ [3].

Термин "**информационная технология**" относится к набору взаимосвязанных дисциплин, которые требуются для построения компьютеризированного предприятия, основывающегося на современных системах баз данных [3].

Основная предпосылка информационной технологии заключается в том, что в центре современной обработки данных находятся данные [3].

Декомпозиция - это разбиение системы (программы, задачи) на компоненты, объединение которых позволяет решить данную задачу [16].

Абстракция позволяет правильно выбрать нужные компоненты для декомпозиции.

Абстракция представляет собой эффективный способ декомпозиции, осуществляемый посредством изменения списка декомпозиции [16].

Абстракция предполагает продуманный выбор компонент.

Процесс абстракции может быть рассмотрен как некоторое обобщение. Он позволяет забыть о различиях и рассматривать предметы и явления так, как если бы они были эквивалентны [17].

Выделение общего у процессов и явлений есть основа классификации.

Иерархия абстракций представляет собой фактически схему классификации.

Агрегирование - процесс объединения предметов в некоторую группу не обязательно в целях классификации. Агрегирование выполняется с некоторой целью.

Способы абстрагирования:

- абстракция через параметризацию;
- абстракция через спецификацию.

Абстракция через параметризацию - выделение формальных параметров с возможностью их замены на фактические в различных контекстах [16].

Выделение формальных параметров позволяет абстрагироваться от конкретного приложения и базируется на общности определенных свойств конкретных приложений [16].

Абстракция через спецификацию - позволяет абстрагироваться от внутренней структуры до знания свойств внешних проявлений (результата).

Внешние свойства компонента указываются путем описания внешних связей, требований и эффектов.

Внешние связи - это связи различной природы данного компонента с окружением.

Требования (requires)- это условия, которые должны быть выполнены для правильного использования компонента.

Эффекты (effects) - это условия, которым удовлетворяют внешние проявления (результаты) компонента.

Виды абстракций:

- процедурная абстракция (ПА);
- абстракция данных (АД);

- абстракция через итерацию (АИ).

Процедурная (функциональная) абстракция позволяет расширить некоторую виртуальную машину новой операцией.

Абстракция данных состоит из набора объектов и набора операций, характеризующих поведение этих объектов.

Абстракция через итерацию дает возможность не рассматривать информацию, не имеющую прямого отношения к управляющему потоку или циклу.

Компоненты проектирования ИС

Проектирование информационных систем будем рассматривать в следующих трех аспектах:

- стадии разработки;
- модели представления;
- уровни детализации.

Стадии разработки определяют в наиболее общей форме состав действий по проектированию ИС, их последовательность и требования к составу и содержанию проектной документации. Стадии разработки регламентируются ГОСТами и отраслевыми стандартами.

Модели представления определяют совокупность понятий (видов элементов и отношений между ними), привлекаемых для описания проектных решений в рамках конкретной предметной области на определенной стадии разработки, выбранной методики проектирования.

Уровни детализации определяют иерархическую декомпозицию компонентов проектируемой системы. Уровни детализации могут регламентироваться в рамках определенной методики проектирования.

Лекция 6 Функциональные спецификации (ФС) в проектировании систем. Информационно-логическая схема ИИС. Функциональная модель.

Функциональные спецификации - это часть исходных данных для проектирования информационно-управляющей системы, определяющая, что должна сделать система и как она должна быть взаимосвязана с окружением.

Термин "**технология программирования**" относится к набору дисциплин, который необходим для спецификации проектирования и написания математического обеспечения ЭВМ [3].

Термин "**информационная технология**" относится к набору взаимосвязанных дисциплин, которые требуются для построения компьютеризированного предприятия, основывающегося на современных системах баз данных.

Основная предпосылка информационной технологии заключается в том, что в центре современной обработки данных находятся данные [3].

Декомпозиция - это разбиение системы (программы, задачи) на компоненты, объединение которых позволяет решить данную задачу [16].

Абстракция позволяет правильно выбрать нужные компоненты для декомпозиции.

Абстракция представляет собой эффективный способ декомпозиции, осуществляемый посредством изменения списка декомпозиции [16].

Абстракция предполагает продуманный выбор компонент.

Процесс абстракции может быть рассмотрен как некоторое обобщение. Он позволяет забыть о различиях и рассматривать предметы и явления так, как если бы они были эквивалентны [17].

Выделение общего у процессов и явлений есть основа классификации.

Иерархия абстракций представляет собой фактически схему классификации.

Агрегирование - процесс объединения предметов в некоторую группу не обязательно в целях классификации. Агрегирование выполняется с некоторой целью.

Способы абстрагирования:

- абстракция через параметризацию;
- абстракция через спецификацию.

Абстракция через параметризацию - выделение формальных параметров с возможностью их замены на фактические в различных контекстах [16].

Выделение формальных параметров позволяет абстрагироваться от конкретного приложения и базируется на общности определенных свойств конкретных приложений [16].

Абстракция через спецификацию - позволяет абстрагироваться от внутренней структуры до знания свойств внешних проявлений (результата).

Внешние свойства компонента указываются путем описания внешних связей, требований и эффектов.

Внешние связи - это связи различной природы данного компонента с окружением.

Требования (requires)- это условия, которые должны быть выполнены для правильного использования компонента.

Эффекты (effects) - это условия, которым удовлетворяют внешние проявления (результаты) компонента.

Виды абстракций:

- процедурная абстракция (ПА);
- абстракция данных (АД);
- абстракция через итерацию (АИ).

Процедурная (функциональная) абстракция позволяет расширить некоторую виртуальную машину новой операцией.

Абстракция данных состоит из набора объектов и набора операций, характеризующих поведение этих объектов.

Абстракция через итерацию дает возможность не рассматривать информацию, не имеющую прямого отношения к управляющему потоку или циклу.

Компоненты проектирования ИС

Проектирование информационных систем будем рассматривать в следующих трех аспектах:

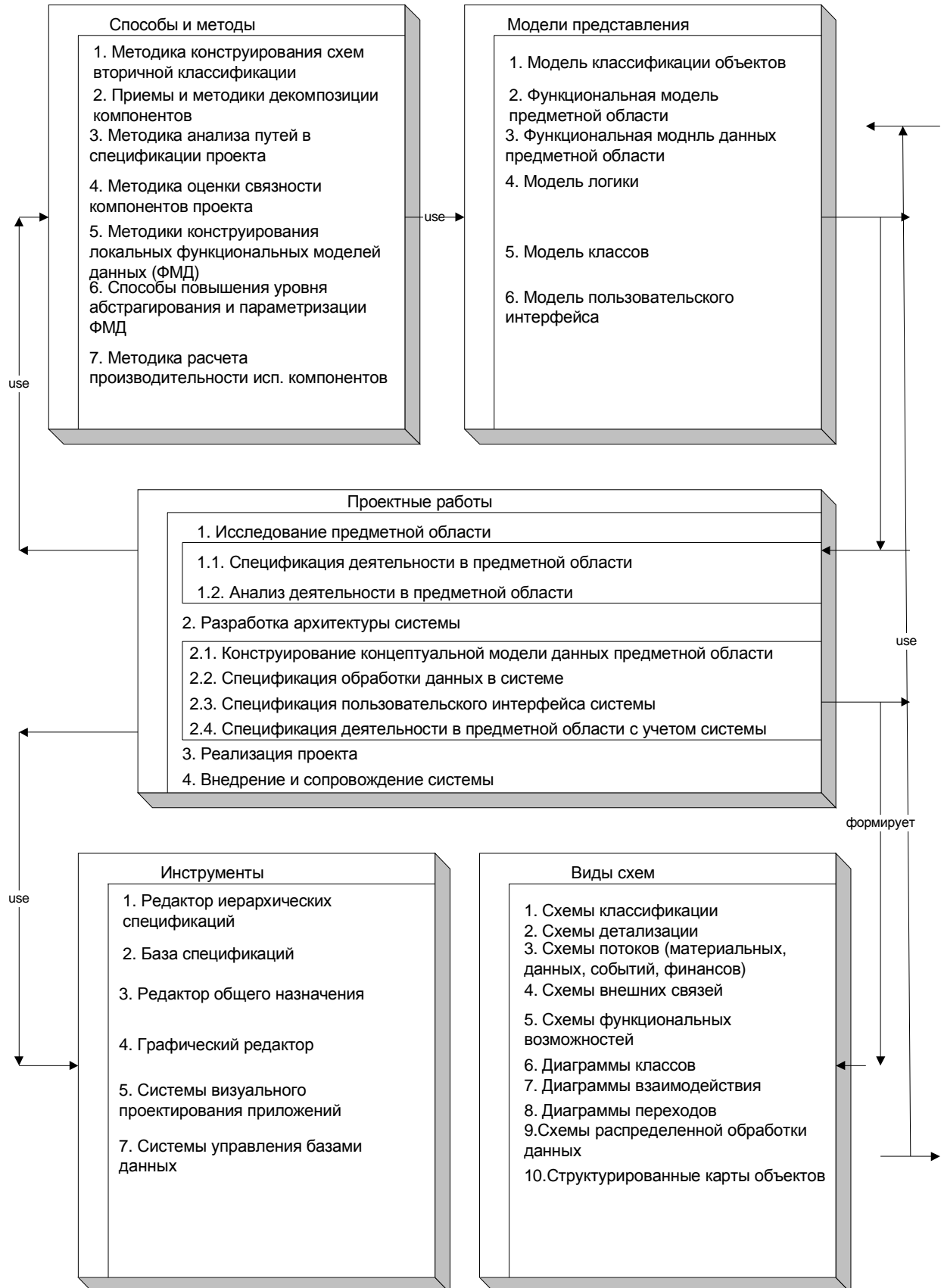
- стадии разработки;
- модели представления;
- уровни детализации.

Стадии разработки определяют в наиболее общей форме состав действий по проектированию ИС, их последовательность и требования к составу и содержанию проектной документации. Стадии разработки регламентируются ГОСТами и отраслевыми стандартами.

Модели представления определяют совокупность понятий (видов элементов и отношений между ними), привлекаемых для описания проектных решений в рамках конкретной предметной области на определенной стадии разработки, выбранной методики проектирования.

Уровни детализации определяют иерархическую декомпозицию компонентов проектируемой системы. Уровни детализации могут регламентироваться в рамках определенной методики проектирования.

Схема взаимосвязей элементов технологии проектирования



Информационно-логическая модель ИИС. Общая схема информационно-логической модели. Определение структуры ИИС

Основа описания модели представления - граф, отражающий типизированные связи между типизированными компонентами. Каждый компонент представляется парой :

<имя типа> .<имя компонента>.

Каждая связь представляется пятеркой :

<имя типа>.

<имя исходного компонента>

<имя вида отношения>

<имя типа>.

<имя связанного компонента>.

Метаобъекты - это базовые компоненты для конструирования модели предметной области.

Виды элементов - это экземпляры конкретного метаобъекта.

Модель представления конкретной предметной области есть описание совокупности видов элементов и их взаимосвязей.

Элемент - это экземпляр вида элемента.

Конкретные проектные данные представляются в виде совокупности элементов и их разнообразных взаимосвязей.

Используется три вида цепочек связей :

- мо.<имя мо> - описание структуры метаобъектов;
- <имя мо>.<имя вида элемента> - описание структуры видов элементов;
- <имя вида элемента>.<имя элемента> - описание связей элементов.

Ядро моделей представления функциональных спецификаций ИИС

Конфигурация - определяется как граф, представляющий интересующий разработчика аспект проектируемой системы. Вершинам этого графа ставятся в соответствие элементы различных видов системы. Дугам графа ставятся в соответствие интересующие отношения между элементами.

С дугами и вершинами могут быть связаны разнообразные количественные меры, задаваемые соответствующими функциями принадлежности.

Структура - это совокупность конфигураций. Таким образом, структура системы определяется через множество выбранных видов элементов, множество элементов, множество рассматриваемых видов отношений и отношений и множество функций принадлежности, характеризующих количественно связи элементов.

Структура (лат. structura)- прочная, относительно устойчивая связь (отношение) и взаимодействие элементов, сторон, частей предмета, явления, процесса как целого.

Ядро - это система понятий, посредством которой можно определять интересующие разработчика конфигурации и структуры проектируемой системы. Основными понятиями ядра являются:

- вид элемента - определяет устойчивый для конкретной предметной области набор свойств, объединяющий конкретные проектируемые компоненты в группы;
- вид отношения - определяет устойчивые для конкретной предметной области группы связей между проектируемыми компонентами;
- отношение - определяется видами элементов , вступающими во взаимосвязь и видом отношения , задающим семантику связей.

Ядро позволяет описывать требуемые виды отношений, виды элементов и отношения.

Ниже (рис. 6.1.) представлена схема ядра моделей представления функциональных спецификаций ИИС.

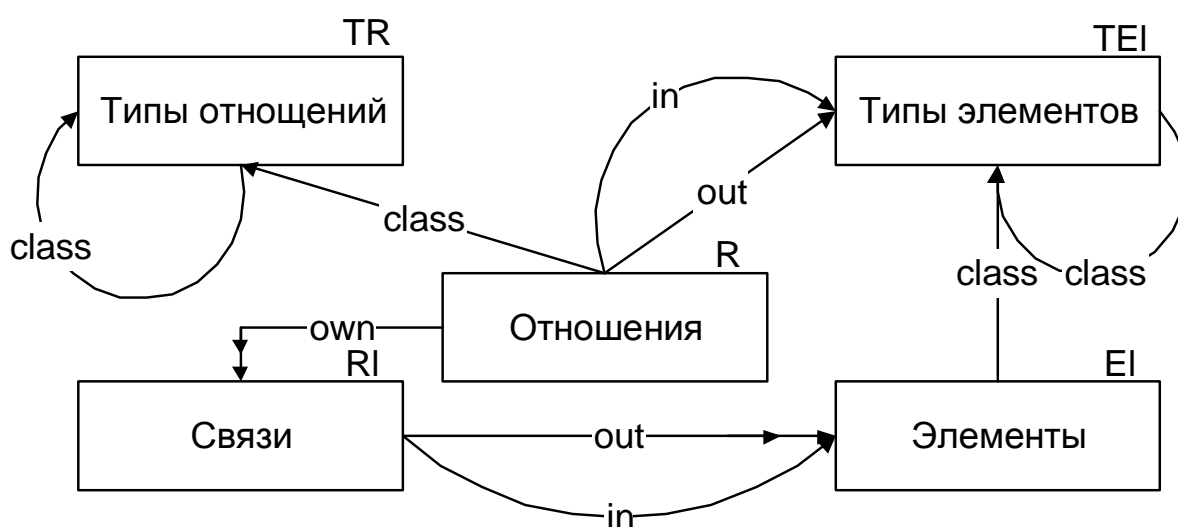


Рис. 6.1.

Модели представления ИИС

Модель представления - это синтаксически и семантически определенная средствами ядра совокупность конфигураций, позволяющая описывать, анализировать и документировать заданные аспекты проектируемой системы на заданных стадиях разработки с различными уровнями детализации ее элементов.

Предлагается ввести пять основных моделей представления для проектирования ПО информационно-управляющих систем (ИУС):

- **Функциональная модель;**
- **Модель данных;**
- **Модель пользовательского интерфейса;**
- **Структура программных модулей;**
- **Логика.**

Первые две модели представления в качестве основных используют следующие виды элементов:

- **действие;**
- **данное;**
- **система;**
- **объект;**
- **атрибут.**

Функциональная модель ориентирована на описание систем, способных выполнять действия над данными.

Модель данных ориентирована на описание структуры информационных объектов, их функциональных взаимосвязей, необходимых для поддержания заданных действий.

Указанные две модели взаимно дополняют друг друга, разрабатываются совместно и не требуют привлечения понятий языков программирования высокого уровня.

Модель пользовательского интерфейса ориентирована на описание взаимодействий пользователей с проектируемой системой, состава форм представления и команд управления заданиями.

Структура программных модулей ориентирована на описание статической структуры программой системы и опирается на понятия языков программирования высокого уровня.

Логика ориентирована на описание потока управления (последовательности выполнения) операторов программной системы и действий пользователей.

Понятия предметной области

Предмет - всякая материальная вещь, объект познания. В логике предметом называется все то, на что направлена наша мысль; все то, что может быть как-то воспринято, названо и т.д. В этом смысле предметом считаются также суждение, понятие, умозаключение. В математической логике предметы обозначаются символами - предметными константами и предметными переменными.

Предметная переменная - такая переменная, которая принимает значения из множества, для которого определен соответствующий предикат.

Понятие - целостная совокупность суждений, т.е. мыслей, в которых что-либо утверждается об отличительных признаках исследуемого объекта, ядром которой являются суждения о наиболее общих и в то же время существенных признаках этого объекта.

Свойство - то, что присуще предметам, что отличает их от других предметов или делает их похожими на другие предметы. Каждый предмет обладает бесчисленным множеством свойств. Свойства проявляются в процессе взаимодействия предметов.

Признак - все то, в чем предметы, явления сходны друг с другом или в чем они отличаются друг от друга; показатель, сторона предмета или явления, по которой можно узнать, определить или описать предмет или явление.

Атрибут (лат. attributum - предназначенное, наделенное, присовокупленное) - неотъемлемое, существенное, необходимое свойство, признак предмета или явления, без которого предмет или явление не могут существовать, быть самим собой; в отличие от случайных, преходящих, несущественных свойств, или акциденций.

Определение понятия - в самом широком смысле есть логическая операция, в процессе которой раскрывается содержание понятия. Основным приемом определения понятия является прием - определение через ближайший род и видовое отличие.

Обобщение понятия - логическая операция, которая заключается в том, что для какого-либо понятия находится более широкое по объему понятие, в объем которого входит и объем исследуемого понятия. Как видно, для того чтобы обобщить какое-либо понятие, надо от признаков исходного понятия отбросить все признаки, присущие только предметам, составляющим объем этого понятия.

Категория - предел обобщения понятия.

Содержание понятия - отображенная в нашем сознании совокупность свойств, признаков и отношений предметов, ядром которой являются отличительные существенные свойства, признаки, отношения.

Объем понятия - (англ. concept extension) отображенное в нашем сознании множество (класс) предметов, каждый из которых имеет признаки, зафиксированные в исследуемом понятии.

Номинальное определение (лат. definitio nominalis) - объяснение значения слова, имени или термина, обозначающего данное понятие. В номинальных определениях семантического характера указывается предмет, обозначаемый

вновь созданным термином. Например, термин **Системотехника** обозначает направление системного проектирования, которое связано с разработкой и исследованием автоматизированных систем обработки данных. Тогда определение понятия “Системотехника” будет выглядеть следующим образом: “**Системотехника** есть направление системного проектирования, которое связано с разработкой и исследованием автоматизированных систем обработки данных .

Генетическое определение понятия - определение, в котором указывается на происхождение предмета, понятие которого определяется способом, которым данный предмет создается.

Непредикативное определение - определение, в котором определяемый предмет вводится через множество, к которому данный предмет принадлежит в качестве элемента ($a \in A$).

Операциональное определение - определение тех или иных объектов через описание специальных для них операций.

Синтаксическое определение - определение, в котором предмет определяется через способы оперирования с ним.

Семантическое определение - определение, в котором определяемое понятие представляет собой некоторое выражение, а определяющее понятие - отображает некоторый предмет. Например, “Слово “ромб” означает параллелограмм с равными сторонами”.

Определение через абстракцию - определение, в котором свойства множеств определяются через установление отношения равенства между изучаемыми множествами. Например, “Число (кардинальное) класса x есть класс всех классов, находящихся в отношении взаимно-однозначного соответствия с классом x ”.

Определение понятия через отношение - логический прием определения понятий, заключающийся в том, что определяемое понятие соотносится с другим понятием.

Определение понятия через ближайший род и видовое отличие - логический прием определения понятия, который заключается в том, что отыскивается ближайший род для определяемого понятия и отличительные признаки, имеющиеся только у данного вида предметов и отсутствующих у всех других видов предметов, входящих в этот ближайший род.

Связи между понятиями:

- причина и следствие
- род и вид
- тождество и различие

Классификация (лат. classis - группа, facio - делаю) - распределение предметов какого-либо рода на классы согласно наиболее существенным признакам, присущим предметам данного рода и отличающим их от предметов других родов, при этом каждый класс занимает в получившейся системе определенное постоянное место и, в свою очередь, делится на подклассы.

Класс (лат. classis - группа) - совокупность объектов, имеющих один или несколько общих характеристических признаков.

Общие признаки класса - признаки, в которых предметы класса сходны.

Элементы класса - предметы, входящие в класс.

Сведение всех связей высказывания к минимальному числу связей - операция математической логики, позволяющая выразить отношения между высказываниями при помощи меньшего числа пропозициональных связок.

Отношение отличается от свойства тем, что отнесение его (в виде логического сказуемого) в мысли к тому или иному предмету порождает не истину или ложь, а бессмыслицу.

Существенный признак - признак, который необходимо принадлежит предмету при всех условиях, без которого данный предмет существовать не может и который выражает коренную природу предмета и тем самым отличает его от предметов других видов и родов.

Сущность - совокупность всех необходимых сторон и связей (законов), свойственных вещи, взятых в их естественной взаимозависимости, в их жизни, в отличие от явления, которое есть обнаружение сущности через свойства и отношения, доступные чувствам.

Сущность всегда находится в единстве с явлением, ибо она в явлениях не только обнаруживается, но через явления существует, действует.

Сущность активна!!!!

Признаки, дополняющие определение:

- указание
- объяснение
- описание
- характеристика
- сравнение
- различение

Определения через абстракцию - определение, в котором свойства множеств определяются через установление отношения равенства между изучаемыми множествами.

Лекция X Функциональная модель ИУС. Описание функциональной модели (ФМ) Основные виды элементов ФМ

Проектирование ИУС на ранних стадиях характеризуется, как правило, высокой неопределенностью исходных данных и представлений разработчиков о функциях создаваемой системы. В терминах функциональной модели представляется возможным с определенной степенью формализации фиксировать и анализировать проектные решения и ряд исходных данных в самом начале процесса проектирования.

При построении ФМ основополагающими являются три аспекта рассмотрения:

- функциональный;
- информационный;
- организационный.

Функциональный аспект отражает то, что должна выполнять (выполняет) проектируемая система. Основным видом элементов в этом случае выступает **действие**.

Действие определяется как деятельность, направленная на достижение определенного результата. Этот результат связан со значениями данных. В дальнейшем ограничимся рассмотрением лишь дискретных действий. Для каждого дискретного действия можно определить моменты времени его начала и завершения.

Действие предполагает наличие объектов действий, под которыми будем понимать **данные**. Будем считать, что всякий результат действия может быть выражен через соответствующее значение данных.

Информационный аспект характеризует состав и структуру данных как объектов действий, составляющих информационный фонд системы. Основным видом элементов, в данном случае, являются **данные**.

Данные определяются как информация об объектах, которая хранится, перемещается и изменяется путем выполнения действий.

Организационный аспект характеризует структуру исполнительных элементов системы, которые способны выполнять заданные действия над заданными данными и поддерживают ее информационный фонд. Основным видом элементов в этом случае является **система**.

Система определяется как исполнительный элемент, способный во взаимодействии с другими системами выполнять заданные действия над заданными данными и обеспечить их хранение.

Основные отношения (конфигурации) функциональной модели

Идентификатор каждой конфигурации будем образовывать следующим образом:

<имя вида элемента><пробел><имя вида отношения><пробел><имя вида элемента>.

В качестве основных видов отношений для описания ФМ предлагается использовать следующие:

- требует (call);
- состав (composition) (contain);
- вход (in);
- выход (out);
- использует (use);
- предоставляет (let);
- класс (class).

Вид отношения **требует** определяет необходимость существования элементов одного вида для реализации элементов исходного вида. Строя схему требований конкретного элемента необходимо ответить на вопрос: "Какие элементы необходимо иметь, чтобы реализовать заданный элемент?".

Вид отношения **состав** определяет включение одних элементов в состав других. Каждый элемент может входить в состав только одного элемента.

Вид отношения **вход** указывает на то, что некоторый информационный элемент используется как аргумент без изменения его значения.

Вид отношения **выход** указывает на то, что некоторый информационный элемент используется как результат с изменением его значения.

Вид отношения **использует** указывает на элементы, которые требуются для заданного элемента, но не входят в его состав.

Вид отношения **предоставляет** указывает на элементы, которые входят в состав заданного элемента, но предоставляются для использования другими элементами из его окружения.

Используя введенные виды отношений и виды элементов опишем следующие отношения для представления ФМ:

- ДЕЙСТВИЕ требует ДЕЙСТВИЕ (W call W);
- ДЕЙСТВИЕ вход ДАННЫЕ (W in D);
- ДЕЙСТВИЕ выход ДАННЫЕ (W out D);
- СИСТЕМА состав СИСТЕМА (S comp S);
- СИСТЕМА состав ДЕЙСТВИЕ (S comp W);
- СИСТЕМА состав ДАННЫЕ (S comp D);
- СИСТЕМА вход ДАННЫЕ (S in D);

- СИСТЕМА выход ДАННЫЕ (S out D);
- СИСТЕМА предоставляет ДАННЫЕ (S let D);
- СИСТЕМА предоставляет ДЕЙСТВИЕ (S let W);
- СИСТЕМА использует ДЕЙСТВИЕ (S use W);
- ДЕЙСТВИЕ класс ДЕЙСТВИЕ (W class W);
- СИСТЕМА класс СИСТЕМА (S class S);
- ДАННОЕ класс ДАННЫЕ (D class D).

Основным в функциональной модели является отношение **ДЕЙСТВИЕ требует ДЕЙСТВИЕ**. Графическое представление этого отношения назовем **СХЕМОЙ ТРЕБОВАНИЙ ДЕЙСТВИЙ**. Схема требований действий для каждого действия показывает множество действий, которые необходимы для выполнения заданного действия.

Отношение **ДЕЙСТВИЕ вход ДАННЫЕ** определяет входные данные для каждого действия.

Отношение **ДЕЙСТВИЕ выход ДАННЫЕ** определяет выходные данные для каждого действия.

Совместно эти два отношения задают информационные связи действий. Их графическое представление назовем **ИНФОРМАЦИОННОЙ СХЕМОЙ**. Для каждого отдельного действия указанные два отношения в графическом представлении задают схему внешних информационных связей. Если объединить схемы внешних информационных связей всех действий, которые непосредственно связаны с некоторым действием в схеме требований, то получим схему потоков данных действия.

Особое место занимают схемы классификации систем, действий и данных, задаваемые соответствующими отношениями. Схемы классификации уже на ранних стадиях проектирования позволяют зафиксировать информацию об общих свойствах компонентов проектируемой системы.

Состав видов элементов функциональной модели может расширяться. Обычно такое расширение осуществляется путем введения потомков уже имеющихся видов. Например, в [3] предлагается рассматривать три вида процедурных элементов (действий):

- функциональная область;
- процесс;
- функция.

Для всех потомков сохраняется преемственность свойств родителя. Поэтому все виды связей, указанные для вида элемента - родителя справедливы и для видов элементов - потомков.

Диаграммы потоков действий-данных (модель де Марко)

Диаграммы потоков действий-данных (ДПДД) являются расширением функциональной модели системы. ДПДД позволяет более точно описать информационные взаимосвязи между процессами (действиями) на основе детальной спецификации потоков данных. Кроме того модель ДПДД позволяет отобразить динамику процессов путем указания потока управления между процессами на основе представления о событиях.

Стратегии построения схем требований действий

Различают две стратегии построения схемы требований:

- построение дерева требований;
- построение сети требований.

Построение дерева требований включает в себя следующие шаги:

1. Функциональное назначение проектируемой системы определяется путем перечисления не более 10 действий.

2. Для каждого действия независимо определяется не более 10 действий, которые необходимы, по мнению разработчика для реализации заданного действия.

3. Последовательно выполняя пункт 2, для вновь вводимых действий добиваемся необходимой степени детализации действий. Действие не требует дальнейшей детализации, если его реализация уже существует, или известна, или реализация действия проста и понятна разработчикам.

Дерево требований наглядно представляется в виде иерархии схем требований.

Построение сети требований отличается от построения дерева требований тем, что на каждом шаге детализации необходимо выбирать поддерживающие действия с учетом всего множества объявленных действий.

Основные схемы декомпозиции действий и данных ФМ

Декомпозиция действий представляется в виде схем требований действий, а декомпозиция данных - в виде схем состава данных.

Декомпозиция действий на основе состава выходных данных.

Целевое назначение действия отражается в составе выходных данных. Если выходные данные по своему содержанию разнородны, то с каждым элементом выходных данных можно связать свое действие. Каждое из вновь введенных действий войдет в схему требований исходного действия.

Декомпозиция действий на основе входных данных.

В некоторых случаях определяющим для детализации действий является состав входных данных. Если известен состав входных данных и можно каждый элемент входных данных интерпретировать как задание на заданную обработку, то схема декомпозиции примет следующий вид:

Декомпозиция действий на основе представлений о промежуточных результатах

Для каждого выходного данного необходимо ответить на вопрос: "Какие исходные данные необходимы для получения соответствующего результата?". Выполняем указанную операцию для всех вновь введенных данных, пока информационная цепочка не замкнется на входных данных детализируемого действия. Далее с каждым вновь введенным данным и выходным данным детализируемого действия, связываемым соответствующее действие, рассматривая данные как выходные.

Декомпозиция действий на основе представлений о фазах обработки

Данная схема декомпозиции требует указать последовательность действий, приводящих к желаемому результату. В качестве выходных данных последнего действия последовательности выступает выходное данное исходного действия. В качестве входного данного первого действия последовательности выступает входное данное исходного действия.

Декомпозиция действий на основе представлений об альтернативных действиях

Данная схема декомпозиции предполагает наличие нескольких вариантов для получения искомого результата. В соответствии с каждым вариантом вводится новое действие и производится декомпозиция входных данных.

Преобразования ФМ на основе анализа информационной связности действий и схем требований действий (агрегирование действий на основе анализа их информационной связности).

Для анализа рекомендуется следующая последовательность действий:

1. Выбирается действие на одном из верхних уровней детализации.
2. Отбираются все действия, входящие в схему требований исходного действия одного уровня детализации.
3. Для полученного подмножества действий также отбираются все действия, входящие в соответствующие схемы требований одного уровня детализации.
4. Для полученного подмножества действий второго уровня детализации строится информационная схема.

5. Оценивается информационная прочность действий первого уровня детализации.

6. Проводится анализ информационной связности действий второго уровня детализации, и выделяются информационно сильно связанные области.

7. Если прочность новых групп действий больше прочности действий первого уровня детализации, то:

7.1 действия первого уровня детализации удаляются из схемы требований исходного действия;

7.2 объявляются новые действия на основе выделенных групп действий;

7.3 новые действия включаются в схему требований исходного действия;

7.4 строятся новые схемы требований для вновь объявленных действий на основе состава сильно связанных областей.

Преобразования функциональной модели на основе процедурной абстракции (изменения состава декомпозиции на основе классификации компонентов ФМ)

Общая схема разработки функциональной модели

Разработку ФМ действия рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. Строится схема внешних информационных связей исходного действия.

2. С использованием подходящих вариантов декомпозиции строится дерево требований действий. Рекомендуется, чтобы число требуемых действий на каждом уровне детализации не превышало 10.

3. Для каждого вновь объявленного действия разрабатывается схема внешних информационных связей.

4. Проверяется возможность преобразований полученной функциональной модели путем

- декомпозиции действий с использованием процедурной абстракции (путем классификации действий и на этой основе изменения состава декомпозиции);

- агрегирования действий на основе анализа их информационной взаимосвязи.

Функциональная модель существующей технологии обработки данных. Функциональная модель области деятельности. Модели данных. Иерархия моделей данных

Определения модели данных

Уровни представления (концептуальный, логический, физический)

Локальная (внешняя) модель

Композиционная модель данных

Локальная и композиционная модели данных

Информация, представленная в виде последовательности символов и предназначенная для обработки на ЭВМ, называется **данными** [9].

Совокупность данных, предназначенных для совместного применения, называется **базой данных** (информационной базой) [9].

Реальный мир, который должен быть отражен в базе данных - **предметная область** [9].

Отображение информации о предметной области, требуемое базы данных - логическое проектирование базы данных [9].

Модель, используемая при абстрагировании - **модель данных** [9].

Целесообразно называть **моделью данных** основные понятия и способы, используемые при выполнении такого абстрагирования [9].

Абстрагированное описание предметной области - **концептуальная схема** (КС) [9].

Получаемая КС описывает конкретную предметную область в объеме, определенном целями проектирования, и в терминах выбранной модели данных.

Локальная модель данных (внешняя модель) - это модель данных, которая строится для информационной поддержки конкретного действия.

Композиционная модель данных (внутренняя модель)- это модель данных, полученная объединением локальных моделей данных.

Схема данных - это графическое, табличное или текстовое представление концептуальной модели данных.

Лекция 8 Техническая система и её проектирование.

Современная техническая система представляет собой комплекс технических средств, функционально связанных между собой, в процессе выполнения поставленной перед ней задачей. Действие технической системы происходит, как правило, в тесном взаимодействии с другими техническими системами и людьми (операторами). К технической системе будем относить сложную человеко-машинную систему, состоящую из технического объекта, управляющей вычислительной системы, системы интерфейсов связи (взаимодействия) и операторов (пользователей).

Выполнение любой задачи в технической системе состоит из сбора информации о техническом объекте (его состоянии), об окружающей среде, преобразования и передачи информации в управляющую систему, обработки информации по алгоритмам, соответствующим состояниям объекта, среды, действиям оператора и условиям применения технической системы. Таким образом, типовая техническая система содержит источники первичной информации – датчики, первичные преобразователи информации, исполнительные устройства и средства взаимодействия с оператором – датчики и устройства отображения информации.

Взаимодействие между составляющими системы осуществляется посредством совокупности интерфейсов.

Типовой состав технической системы представлен на рисунке.

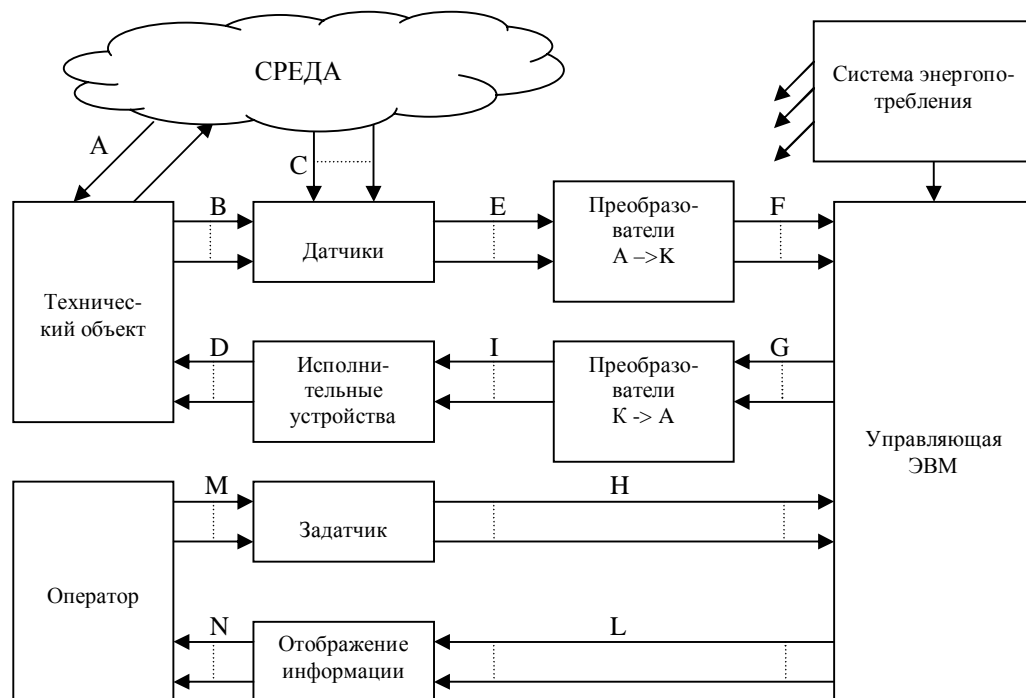


Рис.1.1 Типовой состав технической системы, где А,В,С,Д,Е,Ф,Г,Н,І,Л,М,Н – интерфейсы системы.

При взаимодействии с техническим объектом и со средой датчики формируют информационные сигналы (чаще всего в аналоговом виде) о температурах объекта и среды, давлении, механических нагрузках, высоте, крене, вибрациях и других характеристиках объекта и среды.

При первичном измерении датчик преобразует физический сигнал в электрический (напряжение, ток...), внося при этом свои погрешности (точность, линейность) в измеряемый параметр.

Для обеспечения эффективного использования цифровой вычислительной техники в системе перед вводом информации в ЦВМ осуществляется её преобразование из аналоговой формы в цифровую. При этом подсистема аналогово-цифрового преобразования вносит дополнительные погрешности в измеряемые параметры (точность, линейность, и т.д.).

При обработке информации в ЦВМ по заданным алгоритмам в систему также вводятся дополнительные погрешности за счёт неточного математического описания процесса управления, ограниченности разрядной сетки ЦВМ, алгоритмов округления и т.д. Формируемые в результате работы ЦВМ коды управляющих воздействий поступают на преобразователи “Код-Аналог” – для формирования аналоговых управляющих сигналов.

На этапе цифро-аналогового преобразования в сигналы управления вводятся дополнительные погрешности ЦАП (точность, линейность, и т.д.). Свою долю погрешностей вносят и собственно исполнительные устройства.

В части управления технической системой большую роль играют действия и решения оператора (человека). С одной стороны, оператор может принимать ошибочные решения и совершать неправильные действия, с другой – может неправильно воспринимать и оценивать информацию. В современных технических системах принимают меры по контролю и ограничению допустимых действий оператора.

Примеры: В авиации 90% аварий – вина оператора; ж/д транспорт, метро – контроль действий; автомобиль – контроль действий, помощь водителю.

В современных технических системах минимизируют возможность оператора в части прямого управления техническим объектом, т.е. действия оператора определяют намерения изменения режимов работы технического объекта, а характер и масштабы изменения вычисляет ЦВМ по заданным алгоритмам, блокируя аварийные действия оператора.

Подобный подход к функционированию технической системы резко повышает требования обеспечения надёжности. В системе вопросы надёжности носят комплексный характер.

Проектирование системы – многошаговый, многокритериальный итерационный процесс.

На первом этапе проектирования используются требования заказчика к эксплуатационным, техническим и экономическим параметрам системы, определяется идеология построения системы, выбираются и обосновываются критерии качества её функционирования, проверяется степень согласования этих критериев с целями функционирования системы, определяется перечень входных и выходных сигналов системы, их диапазоны, точность, форма представления. Далее составляется перечень задач, решением которых достигаются цели функционирования системы и исследуются возможности их технической реализации.

На втором этапе определяется состав системы, выделяются составляющие её подсистемы, определяется взаимодействие между ними, взаимосвязь, режимы работы, циклограммы работы подсистем, проводится разделение выполняемых задач по подсистемам и определяются входы, выходы и функционирование подсистем (определяются интерфейсы функционирования подсистем).

На третьем этапе уточняются требования к техническим характеристикам подсистем, математическому и программному обеспечению, к средствам обслуживания, контроля, ремонта, состава КПА, КЗА, КИП, стендов, требования к операторам, оговариваются условия и объём тестирования системы при проверке функционирования.

Эти этапы завершаются разработкой ТЗ и ЧТЗ на систему и входящие подсистемы.

Для облегчения выработки требований к техническим характеристикам системы её условно представляют в виде совокупности трёх частей, обобщённо отражающих её основные функции: задающей, управляющей и объектовой.

Задающая часть – датчики, задатчики, преобразователи информации.

Управляющая часть – управляющая ЭВМ или их комплекс.

Объектовая часть – совокупность некоторых разнородных объектов, параметры движения, состояния которых зависят как от предыдущих состояний этих объектов, так и от характера изменения внешних возмущающих воздействий (например, в ЛА – траектория – целевая функция системы, объектовая часть – самолёт и уравнения движения).

На практике в технической системе первоначально определяют характеристики технического объекта, а параметры других подсистем выбирают на последующих этапах (сначала планер самолёта, потом параметры систем управления).

Для снижения стоимости разработки и сокращения сроков стараются при этом использовать (по возможности) серийно выпускаемые элементы и узлы (датчики, преобразователи и т.д.).

В этом случае при проектировании по заданным задающим и объектовым частям системы необходимо определить требования к её управляющей части. Основой такого определения являются балансы требований к системным характеристикам: времени, точности, надёжности, стоимости.

Баланс времени. Объектовая часть, с точки зрения динамики, представляет собой непрерывную систему, поэтому при проектировании часто задают её частотные свойства. Согласование частотных свойств непрерывной части системы с цифровой управляющей базируется на теореме Котельникова. Если принять, что f – частота наиболее высокочастотной (из учитываемых) составляющих на входе непрерывной части системы, а T_y – период одного цикла управления (время обновления управляющих воздействий), то должно удовлетворяться условие $T_y \leq 1/2 f$. Чем меньше T_y и сложнее алгоритм, тем более жёсткие требования предъявляются к ЭВМ. Особый вопрос: выбор методов решения при ограниченных возможных вычислительных ресурсах.

Баланс точности. Проблема согласования составляющих системы по точности – одна из основных при проектировании. Если характеризовать погрешности системы и её отдельных частей среднеквадратическими значениями и считать, что погрешности отдельных частей системы независимы, то баланс точности (погрешностей) можно представить выражением:

$\sigma = \sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_3^2 + \sigma_0^2}$, где σ , σ_y , σ_3 , σ_0 – значения среднеквадратичных погрешностей соответственно системы, управляющей, задающей и объектовой частей. Для заранее заданных (или определённых) σ_y , σ_3 , σ_0

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma^2 - \sigma_3^2 - \sigma_0^2}$$

Баланс надёжности. Предполагая, что отказ каждой из составляющих частей технической системы приводит к отказу всей системы, и что отказы взаимонезависимы, баланс надёжности можно описать выражением $H = H_3 \cdot H_0 \cdot H_y$, откуда $H_y = \frac{H}{H_3 \cdot H_0}$, где H , H_3 , H_0 , H_y – соответственно показатели надёжности системы, задающей, объектовой и управляющей частей. Конкретный вид показателя надёжности (наработка на отказ, время безотказной работы и др.) выбирается проектировщиком или оговаривается заказчиком.

Баланс стоимости можно представить выражением $S(T) = S_y + S_3 + S_0$, где T – время жизненного цикла системы, равное сумме времён на разработку, из-

готовление, эксплуатацию, утилизацию; S , S_3 , S_0 , S_y – затраты по этим составляющим для системы и её составных частей $S_y = S(T) - S_0 - S_3$

Таким образом, на основе приведённых балансов согласуются основные характеристики составных частей системы для формирования исходных данных на проектирование.

Основы проектирования технических систем. Общие понятия о проектировании технических систем.

Сформулируем некоторые основные понятия, которые будут использоваться в дальнейшем.

Технический объект - это объект, создаваемый человеком для удовлетворения своих потребностей.

Техническая система (ТС) - это совокупность технических объектов, реализующая законченный технологический процесс, например, производства конкретного изделия. Разновидность таких систем, в функционировании которых принимают непосредственное участие люди, называются *биотехническими системами*.

Функции ТС (или технического объекта). Они определяются потребностью, которую предназначена удовлетворять система, т.е. назначением (автомобиль перевозит грузы, робот манипулирует различными предметами и т.д.).

Структура ТС. Она определяет состав системы из функциональных частей, например, в виде агрегатов, блоков, узлов и т.п. Такая структура называется функциональной. Применяется еще понятие потоковая структура, которая описывает потоки преобразования вещества, энергии или информации.

Показатели (критерии) качества ТС. Они бывают функциональные, технологические, экономические, антропологические.

Функциональные критерии - это производительность, точность, надежность и т.п.;

Технологические - трудоемкость, технологические возможности, используемые материалы и т.п.;

Экономические - затраты материалов, энергии и т.д.;

Антропологические - эргономичность, экологичность, безопасность и т.п.

Законы (закономерности) развития ТС. Они определяют устойчивые изменения во времени основных показателей качества ТС и других показателей, характеризующих ТС (конструктивных и т.п.).

При изучении законов развития ТС используют понятие цикличности развития техники (в виде сочетания последовательностей эволюционных и революционных этапов) и показателей техники. На их базе осуществляется прогно-

зирование развития техники методами моделирования, экстраполяции и экспертных оценок [1].

Эволюционные изменения показателей развития техники описываются экспериментальными Б-функциями вида

$$K = B/(a + e^{bH*}),$$

где постоянные B , a , B , b определяются статистически (рис.1,а). На рис. 1 ,б показан примерный график развития показателя качества техники, состоящей из трех Б-функций. Каждая из этих функций описывает эволюционный рост рассмотренного показателя качества для одного из трех сменяющих друг друга качественно различных поколений данной техники.

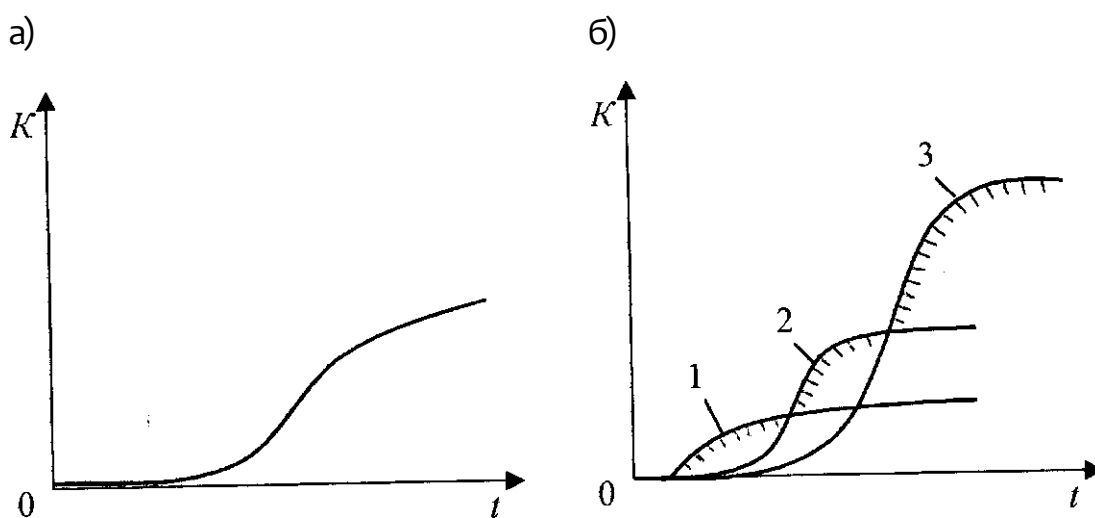


Рис. 1. Графики показателей качества техники.

Подобным образом, например, описывается развитие скорости самолетов. Примерно до 1930 г. рост скорости самолетов шел по кривой 1. К тому моменту, когда она достигла примерно 300 км/ч, были отработаны новые высокооборотные двигатели (кривая 2), переход на которые позволил к 1945 г. довести скорости самолетов примерно до 700км/ч. Затем произошел переход к турбокомпрессорным воздушно-реактивным двигателям (кривая 3), которые привели к следующему качественному скачку в развитии самолетостроения, позволившему в 1970 г. превзойти скорость 4000 км/ч. Результирующая характеристика роста скорости самолетов состоит из отрезков этих кривых и отмечена штриховкой.

На этом очевидно развитие самолетостроения не закончится - впереди гиперзвуковые орбитальные скорости. Аналогично выглядят характеристики показателей развития роботов, включающие три их поколения [2]. Роботы перво-

го поколения с программным управлением появились около 1960 года и совершенствуясь господствовали в робототехнике до 1980 года, когда начали выпускаться роботы второго поколения с адаптивным управлением.

Примерно к 2000 году сформировалось следующее поколение - интеллектуальные роботы, которые вобрав в себя все функциональные возможности роботов предыдущих поколений добавили к ним искусственный интеллект.

Последующий качественный прогресс робототехники, по-видимому, будет связан с микротехникой (микро- и наноробототехника). С революционными этапами развития техники связано понятие научно-технической революции.

Проектирование технических систем - это процесс создания нового изделия в виде его проекта.

Проектирование технических систем входит в более общее понятие - *инновационная деятельность*, т.е. разработка и реализация инновационных проектов. Инновация - это нововведение в виде новых изделий, технологий и любых других новшеств в любых сферах человеческой деятельности от научно-технической до экономической и социальной.

В последние годы сформировалось соответствующее новое научное направление - инноватика, предмет которого разработка общей теории и методов инновационной деятельности [4].

Укрупненно, процесс проектирования изделия включает формулировку технического задания на разработку изделия, его идеи -физического принципа действия, разработку плана выполнения проекта и, наконец, его реализацию.

Проект изделия - это совокупность технических документов, по которым оно может изготавливаться и эксплуатироваться. Проект может быть выполнен традиционно на бумаге или на электронных носителях информации.

Состав технической документации регламентирован стандартами. В нашей стране они объединены в единую систему конструкторской документации (ЕСКД), а состав программной документации (ее часто выделяют из технической документации) - в единую систему программной документации (ЕСПД).

В техническую документацию входят схемная, конструкторская, монтажная, текстовая, технологическая и эксплуатационная документации.

Этапы проектирования и всего жизненного цикла созданного изделия:

- разработка технического задания;
- предварительное проектирование;
- эскизное проектирование;
- техническое проектирование;
- производство;

- эксплуатация.

Рассмотрим содержание этих этапов.

1. *Техническое задание* (ТЗ) на проектирование изделия. ТЗ является основанием для проектирования. Оно составляется разработчиком на основе исходных данных, предоставленных заказчиком и содержащих, прежде всего, основные технические требования к создаваемому изделию. ТЗ утверждается заказчиком при согласующей подписи разработчика.

Состав ТЗ:

- основание для разработки (приказ вышестоящей организации, совместное решение с заказчиком и т.п.);
- область применения создаваемого изделия;
- технические требования к изделию (ТТ) или тактико-технические требования (ТТТ) для военной техники (охватывают габариты, массу, точность, надежность, энергопотребление и т.д.);
- условия эксплуатации (режим и продолжительность эксплуатации, климатические условия, механические и другие внешние воздействия, условия хранения и транспортировки, требования к обслуживанию и ремонту и т.д.);
- стоимость;
- требуемое количество изделий (серийность) и условия производства;
- сроки и стоимость разработки;
- возможные особые условия производства и эксплуатации.

Важной частью технических требований является установление перечня (номенклатуры) технико-экономических и тактико-эксплуатационных показателей, характеризующих технический уровень подлежащего разработке изделия, и их численные значения. В дальнейшем в ходе проектирования именно на основе этих показателей формируются критерии качества, используемые на различных этапах проектирования.

Существует теория обоснования и измерения этих показателей и критериев качества техники - квалиметрия [5].

От качества ТЗ существенно зависит результат проектирования. Составление ТЗ - это всегда результат компромисса между заказчиком и разработчиком, цели которых, во многом, далеко не идентичны.

Иногда этап разработки ТЗ называют этапом поискового проектирования, и трактуется как первая часть НИР.

2. *Предварительное проектирование* (ПП). Этот этап разработки является основной частью НИР. Все последующие этапы относятся уже к ОКР.

Результаты предварительного проектирования оформляются в виде технического предложения или аванпроекта. На этом этапе производится:

- выбор прототипов и их сравнительный анализ с определением плюсов, которые, очевидно, следует, по крайней мере, сохранить, и минусов, которые надо преодолеть;
- выбор (синтез) возможных вариантов разрабатываемого изделия, включая принцип действия, структуру (состав), основные технические средства ее реализации, элементную базу;
- сравнительный анализ основных характеристик этих вариантов и отбор из них нескольких (в пределах одного) рабочих вариантов, подлежащих дальнейшей разработке;
- выбор методов проектирования.

3. *Эскизное проектирование.* Назначение этого этапа - детальная проработка возможностей создания изделия, удовлетворяющего ТЗ.

На этом этапе производится выбор окончательного варианта разрабатываемого изделия путем многократного их синтеза и анализа с постепенным уменьшением вариантов и увеличением глубины проработки.

Результатом этого этапа является эскизный проект (ЭП), в который входят:

- пояснительная записка, включающая, в частности, теоретическое и расчетное исследование, результаты математического и, если необходимо, физического моделирования;
- эскизная техническая документация на изделие;
- общее заключение о его соответствии ТЗ, т.е. о реальности выполнения последнего.

Эскизная документация - это временная документация, предназначенная для изготовления лабораторных и экспериментальных образцов изделия или его отдельных частей, требующих экспериментального исследования.

На этапе эскизного проектирования для таких испытаний часто требуется создавать еще и специальные испытательные стенды и другую аппаратуру. Иногда это может представить не меньшую трудность, чем создание самого изделия.

Часто на этапе эскизного проектирования требуется также создавать габаритно-массовые и тепловые макеты будущего изделия для испытаний на объекте заказчика, в состав которого будет входить проектируемое изделие.

Эскизный проект защищается разработчиком перед заказчиком и утверждается им (или возвращается на доработку). Предварительно он направляется к заказчику для изучения и выдачи замечаний.

При утверждении эскизного проекта в случае необходимости на основании содержащихся в нем материалов может быть откорректировано (уточнено) ТЗ.

4. *Техническое проектирование.* Оно осуществляется на основании эскизного проекта и материалов его защиты, включая замечания заказчика и возможные изменения ТЗ. Результат этапа технического проектирования - комплект технической документации на изделие, включая конструкторскую, программную, технологическую и эксплуатационную. В конструкторскую документацию входят:

- схемы структурные, функциональные, электрические, монтажные, подключения и расположения;
- графические документы в виде чертежей общего вида, габаритных, сборочных, узлов и деталей;
- текстовая документация: общие технические условия (ТУ) на изделие, частные технические условия (ЧТУ) на его части, техническое описание (ТО) всего изделия и его частей.

В программную документацию согласно ЕСПД входят текст и описание программ, описание применения, руководства оператора и системного программиста и т. д.

Технологическая документация включает технологические инструкции, технологические (маршрутные) карты, чертежи на техническую оснастку и приспособления. Эта документация разрабатывается применительно к конкретному производству с учетом его возможностей и особенностей. Это должно учитываться, разумеется, и при разработке конструкторской документации.

В эксплуатационную документацию (по ГОСТ 2.601-95) входят руководство по эксплуатации (РЭ), инструкция по монтажу, пуску и т.п. (ИМ), формуляр (ФО), паспорт (ПС), ведомость ЗИП - запасных частей, инструмента и приспособлений.

Руководство по эксплуатации включает описание изделия и его использование по назначению, техническое обслуживание, текущий ремонт, правила хранения и транспортировки и т.п.

На этапе технического проектирования осуществляются изготовление и испытания опытных, а затем и серийных образцов изделия с последующей корректировкой документации по результатам этих испытаний.

В общем случае в этом этапе различают два самостоятельных этапа - разработку технического проекта (ТП) по эскизному проекту и разработку рабочего проекта (РП) по техническому проекту. В последний и входит вся перечис-

ленная выше рабочая документация. Однако часто, когда изделие не слишком сложное, эти этапы объединяются в один.

Не останавливаясь на этапах производства и эксплуатации, рассмотрим особенно важную для разработчика проблему испытаний.

Различают следующие виды испытаний:

- лабораторные испытания. Они проводятся на всех этапах проектирования, причем в более жестких условиях и в большем диапазоне изменений внешних воздействий, чем те, что указаны в ТЗ и ТУ.
- совместные испытания. Они проводятся, как следует из их названия, разработчиком и заказчиком совместно обычно в объеме лабораторных испытаний с тем, чтобы определить запасы по сравнению с требованиями, указанными в этих документах. (Перед этим разработчик проводит свои лабораторные испытания в более широких пределах изменения варьируемых параметров, чтобы получить уверенность в положительных результатах предстоящих совместных испытаний.)
- приемно-сдаточные испытания. Проводятся при производстве изделия на соответствие ТУ.
- натурные испытания. Эти испытания проводятся как до сдачи изделия в серийное производство и в эксплуатацию, так и на серийных изделиях и максимально приближены к реальным условиям работы изделия при комплексном воздействии большинства реальных возмущений.
- выборочные (типовые) испытания. Эти испытания проводятся в процессе серийного производства (наряду с приемно-сдаточными) для уточнения результатов предыдущих испытаний опытных образцов изделия и для оценки их надежности.

В ходе производства и эксплуатации изделия накапливаются статистические данные, на основании анализа которых осуществляется корректировка технической документации.

Этот процесс идет все время пока изделие производится и позволяет окончательно «довести» изделие, а затем постоянно улучшать его технический уровень, в том числе с учетом возможных изменений требований потребителей.

Таким образом, процесс создания изделия продолжается в течение всего времени его производства. При серийном производстве это осуществляется прежде всего изготовителем изделия, который ведет перевыпущенную им техническую документацию при авторском надзоре разработчика изделия.

На рис.2 приведена типовая структура всего процесса проектирования.



Рис.2. Структура процесса проектирования

Наряду с рассмотренными выше последовательными этапами этот процесс «запараллеливается» путем декомпозиции общей задачи на частные задачи, которые можно решить параллельно. При этом структура решения каждой такой частной задачи в свою очередь содержит все перечисленные выше типовые этапы проектирования.

Эти частные задачи решаются по частным ТЗ - ЧТЗ отдельными коллективами специалистов (группы, лаборатории, отделы, специализированные организации) под общим руководством руководителя всего проекта (главный или генеральный конструктор, технический руководитель).

Процесс проектирования наряду с последовательно-параллельной структурой имеет обратные связи (на рис.2 не показаны), являясь итеративными, т.е. с неоднократным уточненным повторением уже пройденных этапов. К таким обратным связям относятся, в частности, и упомянутые выше корректировки технической документации по результатам испытаний и эксплуатации изделия.

Проектирование нового изделия - это всегда противоречивая задача для разработчика: с одной стороны, существует естественное стремление использовать все последние достижения науки и техники в данной области, а с другой этому препятствуют многочисленные ограничения по срокам, стоимости, материальным ресурсам и др., оговоренные в ТЗ и еще реально существующие вне их.

Выход здесь один - это компромисс в виде оптимальной преемственности с ранее созданными подобными изделиями и их компонентами. Основным средством для этого является, как известно, унификация. Иногда в ТЗ прямо оговаривается степень (процент) унификации.

Что касается творческой части проекта, то она заключается в изобретательстве, т.е. в предложении и использовании новых технических идей - способов и устройств для более эффективного решения стоящих инженерных задач.

Хотя изобретательство как всякий творческий процесс не поддается формализации, однако общий порядок и отдельные этапы этого процесса могут быть формализованы, что существенно повышает его эффективность.

Общий порядок изобретательства можно представить так:

- определение к какому роду изделий относится подлежащее созданию новое изделие (индукция) и построение обобщенной модели изделий этого рода;
- выделение из этого рода прототипов того же или близкого назначения и анализ их достоинств и недостатков;
- собственно изобретение - поиск новых вариантов искомого изделия (дедукция);
- сравнительный анализ этих вариантов и прототипов и формулировка новизны окончательного решения рассматриваемой технической проблемы.

Хотя творческий процесс идет подсознательно, можно назвать следующие три типа интуитивного мышления, часто отмечаемые крупными проектантскими практиками:

- 1 . Формирование технических систем с требуемыми новыми свойствами на основе комбинаций известных решений.
2. Поиск нужных идей на основе ассоциаций в окружающем мире, включая живой, т.е. использование решений, существующих в других известных сферах.
3. Создание на основе воображения и фантазии идеализированных образцов желаемых изделий и нахождение путей их реализации. К этому типу творчества относится, в частности, и известные приемы изобретателей представлять себя в роли частей изделия, трансформировать известные изделия, изменяя их размеры, связи, инвертировать виды движений и т.д.

Изобретения могут иметь различную степень новизны, различный уровень от усовершенствования известного прототипа до новой идеи и открытия. Последнее уже выходит за рамки инженерного творчества и относится к творчеству научному.

Между научным и инженерным творчеством, как уже упоминалось, имеется принципиальное различие.

В науке - это открытия новых фактов и закономерностей, а в инженерно-технической области - это создание на основе этих закономерностей новых образцов техники. Правда, нередко при этом получают и новые научные данные вплоть до открытий.

Наиболее часто это происходит при создании принципиально новых видов техники, что сами по себе должно рассматриваться как научная деятельность, поскольку такие разработки не могут полностью базироваться на научно обоснованных методах расчетов, конструирования и т.д.

Лекция 9 Объектно-ориентированное проектирование.

Объектно-ориентированный подход использует объектную декомпозицию. При этом статическая структура системы описывается в терминах объектов и связей между ними, а поведение системы описывается в терминах обмена сообщениями между объектами. Каждый объект системы обладает своим собственным поведением, моделирующим поведение объекта реального мира.

Понятие объект впервые было использовано около 30 лет назад в технических средствах при попытках отойти от традиционной архитектуры фон Неймана и преодолеть барьер между высоким уровнем программных абстракций и низким уровнем абстрагирования на уровне компьютеров.

С объектно-ориентированной архитектурой также тесно связаны объектно-ориентированные операционные системы. Однако наиболее значительный вклад в объектный подход был внесен объектными и объектно-ориентированными языками программирования: Simula, Smalltalk, C++, Object Pascal. На объектный подход оказали влияние также развивавшиеся достаточно независимо методы моделирования баз данных, в особенности подход сущность – связь.

Концептуальной основой объектно-ориентированного подхода является объектная модель. Основными ее элементами являются: абстрагирование; инкапсуляция; модульность; иерархия. Кроме основных, имеются еще три дополнительных элемента, не являющихся в отличие от основных строго обязательными: типизация; параллелизм; устойчивость.

Абстрагирование – это выделение существенных характеристик некоторого объекта, которые отличают его от всех других видов объектов и, таким образом, четко определяют его концептуальные границы относительно дальнейшего рассмотрения и анализа.

Абстрагирование концентрирует внимание на внешних особенностях объекта и позволяет отделить самые существенные особенности его поведения от деталей их реализации. Выбор правильного набора абстракций для заданной предметной области представляет собой главную задачу объектно-ориентированного проектирования.

Инкапсуляция – это процесс отделения друг от друга отдельных элементов объекта, определяющих его устройство и поведение. Инкапсуляция служит для того, чтобы изолировать интерфейс объекта, отражающий его внешнее поведение, от внутренней реализации объекта.

Объектный подход предполагает, что собственные ресурсы, которыми могут манипулировать только методы самого класса, скрыты от внешней сре-

ды. Абстрагирование и инкапсуляция являются взаимодополняющими операциями: абстрагирование фокусирует внимание на внешних особенностях объекта, а инкапсуляция (или, иначе, ограничение доступа) не позволяет объектам пользователям различать внутреннее устройство объекта.

Модульность – это свойство системы, связанное с возможностью ее декомпозиции на ряд внутренне связанных, но слабо связанных между собой модулей. Инкапсуляция и модульность создают барьеры между абстракциями. Иерархия – это ранжированная или упорядоченная система абстракций, расположение их по уровням.

Основными видами иерархических структур применительно к сложным системам являются структура классов (иерархия по номенклатуре) и структура объектов (иерархия по составу). Примерами иерархии классов являются простое и множественное наследование (один класс использует структурную или функциональную часть соответственно одного или нескольких других классов), а иерархии объектов – агрегация.

Типизация – это ограничение, накладываемое на класс объектов и препятствующее взаимозаменяемости различных классов (или сильно сужающее ее возможность). Типизация позволяет защититься от использования объектов одного класса вместо другого или по крайней мере управлять таким использованием. Параллелизм – свойство объектов находиться в активном или пассивном состоянии и различать активные и пассивные объекты между собой. Устойчивость – свойство объекта существовать во времени (вне зависимости от процесса, породившего данный объект) и/или в пространстве (при перемещении объекта из адресного пространства, в котором он был создан). Основные понятия объектно-ориентированного подхода – объект и класс. Объект определяется как осязаемая реальность – предмет или явление, имеющие четко определяемое поведение.

Объект обладает состоянием, поведением и индивидуальностью; структура и поведение схожих объектов определяют общий для них класс. Термины экземпляр класса и объект являются эквивалентными. Состояние объекта характеризуется перечнем всех возможных (статических) свойств данного объекта и текущими значениями (динамическими) каждого из этих свойств.

Поведение характеризует воздействие объекта на другие объекты и, наоборот, относительно изменения состояния этих объектов и передачи сообщений. Иначе говоря, поведение объекта полностью определяется его действиями.

Индивидуальность – это свойства объекта, отличающие его от всех других объектов. Определенное воздействие одного объекта на другой с целью вызвать соответствующую реакцию называется операцией. Как правило, в объектных и объектно-ориентированных языках операции, выполняемые над данным объектом, называются методами и являются составной частью определения класса.

Класс – это множество объектов, связанных общностью структуры и поведения. Любой объект является экземпляром класса. Определение классов и объектов – одна из самых сложных задач объектно-ориентированного проектирования. Следующую группу важных понятий объектного подхода составляют наследование и полиморфизм.

Понятие полиморфизма может быть интерпретировано как способность класса принадлежать более чем одному типу. Наследование означает построение новых классов на основе существующих с возможностью добавления или переопределения данных и методов.

Объектно-ориентированная система изначально строится с учетом ее эволюции. Наследование и полиморфизм обеспечивают возможность определения новой функциональности классов с помощью создания производных классов – потомков базовых классов. Потомки наследуют характеристики родительских классов без изменения их первоначального описания и добавляют при необходимости собственные структуры данных и методы.

Определение производных классов, при котором задаются только различия или уточнения, в огромной степени экономит время и усилия при производстве и использовании спецификаций и программного кода. Важным качеством объектного подхода является согласованность моделей деятельности организации и моделей проектируемой системы от стадии формирования требований до стадии реализации.

Требование согласованности моделей выполняется благодаря возможности применения абстрагирования, модульности, полиморфизма на всех стадиях разработки. Модели ранних стадий могут быть непосредственно подвергнуты сравнению с моделями реализации.

По объектным моделям может быть прослежено отображение реальных сущностей моделируемой предметной области (организации) в объекты и классы информационной системы. Большинство существующих методов объектно-ориентированного анализа и проектирования (ОО-АП) включают как язык моделирования, так и описание процесса моделирования.

Язык моделирования – это нотация (в основном графическая), которая используется методом для описания проектов. Нотация представляет собой совокупность графических объектов, которые используются в моделях; она является синтаксисом языка моделирования. Например, нотация диаграммы классов определяет, каким образом представляются такие элементы и понятия, как класс, ассоциация и множественность.

Процесс – это описание шагов, которые необходимо выполнить при разработке проекта. Унифицированный язык моделирования UML (Unified Modeling Language) – это преемник того поколения методов ООАП, которые появились в конце 1980-х и начале 1990-х гг. Создание UML фактически началось в конце 1994 г., когда Гради Буч и Джеймс Рамбо начали работу по объединению методов Booch и OMT (Object Modeling Technique) под эгидой компании Rational Software.

К концу 1995 г. они создали первую спецификацию объединенного метода, названного ими Unified Method, версия 0.8. Тогда же, в 1995 г., к ним присоединился создатель метода OOSE (Object-Oriented Software) Ивар Якобсон. Таким образом, UML является прямым объединением и унификацией методов Буча, Рамбо и Якобсона, однако дополняет их новыми возможностями.

Главными в разработке UML были следующие цели: предоставить пользователям готовый к использованию выразительный язык визуального моделирования, позволяющий разрабатывать осмысленные модели и обмениваться ими; предусмотреть механизмы расширяемости и специализации для расширения базовых концепций; Найти скрытую видеокамеру. Спец оборудование для поиска скрытых, закамуфлированных камер! www.obnarugitel.ru. Ищите хорошую мозаику? Огромный выбор мозаики из стекла, мрамора и керамики! Гибкие цены! www.mozaiko.ru. Бизнес клуб для директоров. Еврейский бизнес клуб Ошер приглашает на заседание клуба. Нам 4 года! www.biznesmen.ru Реклама на Бегуне. Стать партнером обеспечить независимость от конкретных языков программирования и процессов разработки; обеспечить формальную основу для понимания этого языка моделирования (язык должен быть одновременно точным и доступным для понимания, без лишнего формализма); стимулировать рост рынка объектно-ориентированных инструментальных средств; интегрировать лучший практический опыт.

Язык UML находится в процессе стандартизации, проводимом OMG (Object Management Group) – организацией по стандартизации в области объектно-ориентированных методов и технологий, и в настоящее время принят в

качестве стандартного языка моделирования и получил широкую поддержку в индустрии ПО.

Язык UML принят на вооружение практически всеми крупнейшими компаниями – производителями ПО. Кроме того, практически все мировые производители CASE-средств, помимо Rational Software (Rational Rose) поддерживают UML в своих продуктах (Paradigm Plus, System Architect, Microsoft Visual Modeler, Delphi, PowerBuilder и др.).

Создатели UML представляют его как язык для определения, представления, проектирования и документирования программных систем, организационно-экономических, технических и др. UML содержит стандартный набор диаграмм и нотаций самых разнообразных видов.

Стандарт UML версии 1.1, принятый OMG в 1997 г., предлагает следующий набор диаграмм для моделирования: диаграммы вариантов использования – для моделирования бизнес-процессов организации (требований к системе); диаграммы классов – для моделирования статической структуры классов системы и связей между ними; диаграммы поведения системы; диаграммы взаимодействия – для моделирования процесса обмена сообщениями между объектами.

Существуют два вида диаграмм взаимодействия: диаграммы последовательности; кооперативные диаграммы. диаграммы состояний – для моделирования поведения объектов системы при переходе из одного состояния в другое; диаграммы деятельности – для моделирования поведения системы в рамках различных вариантов использования или моделирования деятельности; диаграммы реализации: диаграммы компонентов – для моделирования иерархии компонентов (подсистем) системы; диаграммы размещения – для моделирования физической архитектуры, системы.

У большинства людей понятие проектирование ассоциируется со структурным проектированием по методу сверху вниз на основе функциональной декомпозиции, согласно которой вся система в целом представляется как одна большая функция и разбивается на подфункции, которые, в свою очередь, разбиваются на подфункции и т.д.

Эти функции подобны вариантам использования в объектно-ориентированной системе, которые соответствуют действиям, выполняемым системой в целом.

Главный недостаток структурного подхода заключается в следующем: процессы и данные существуют отдельно друг от друга (как в модели деятель-

ности организации, так и в модели программной системы), причем проектирование ведется от процессов к данным.

Таким образом, помимо функциональной декомпозиции, существует также структура данных, находящаяся на втором плане. В объектно-ориентированном подходе основная категория объектной модели – класс – объединяет в себе на элементарном уровне как данные, так и операции, которые над ними выполняются (методы). Именно с этой точки зрения изменения, связанные с переходом от структурного к объектно-ориентированному подходу, являются наиболее заметными.

Разделение процессов и данных преодолено, однако остается проблема преодоления сложности системы, которая решается путем использования механизма компонентов. Данные по сравнению с процессами являются более стабильной и относительно редко изменяющейся частью системы.

Отсюда следует главное достоинство объектно-ориентированного подхода, которое Гради Буч сформулировал следующим образом: объектно-ориентированные системы более открыты и легче поддаются внесению изменений, поскольку их конструкция базируется на устойчивых формах.

Это дает возможность системе развиваться постепенно и не приводит к полной ее переработке даже в случае существенных изменений исходных требований. Буч отмечает также ряд следующих преимуществ объектно-ориентированного подхода:

- объектная декомпозиция дает возможность создавать программные системы меньшего размера путем использования общих механизмов, обеспечивающих необходимую экономию выразительных средств.
- использование объектного подхода существенно повышает уровень унификации разработки и пригодность для повторного использования не только программ, но и проектов, что в конце концов ведет к созданию среды разработки и переходу к сборочному созданию ПО.
- системы зачастую получаются более компактными, чем их структурные эквиваленты, что означает не только уменьшение объема программного кода, но и удешевление проекта за счет использования предыдущих разработок.
- объектная декомпозиция уменьшает риск создания сложных систем ПО, так как она предполагает эволюционный путь развития системы на базе относительно небольших подсистем.
- процесс интеграции системы растягивается на все время разработки, а не превращается в единовременное событие.

- объектная модель вполне естественна, поскольку в первую очередь ориентирована на человеческое восприятие мира, а не на компьютерную реализацию.
- объектная модель позволяет в полной мере использовать выразительные возможности объектных и объектно-ориентированных языков программирования.

К недостаткам объектно-ориентированного подхода относятся некоторое снижение производительности функционирования ПО и высокие начальные затраты.

Объектная декомпозиция существенно отличается от функциональной, поэтому переход на новую технологию связан как с преодолением психологических трудностей, так и дополнительными финансовыми затратами. Безусловно, объектно-ориентированная модель наиболее адекватно отражает реальный мир, представляющий собой совокупность взаимодействующих (посредством обмена сообщениями) объектов.

Но на практике в настоящий момент продолжается формирование стандарта языка объектно-ориентированного моделирования UML, и количество CASE-средств, поддерживающих объектно-ориентированный подход, невелико по сравнению с поддерживающими структурный подход.

Кроме того, диаграммы, отражающие специфику объектного подхода (диаграммы классов и т.п.), гораздо менее наглядны и плохо понимаемы непрофессионалами. Поэтому одна из главных целей внедрения CASE-технологии, а именно снабжение всех участников проекта (в том числе и заказчика) общим языком для передачи понимания, обеспечивается на сегодняшний день только структурными методами.

При переходе от структурного подхода к объектному, как при всякой смене технологии, необходимо вкладывать деньги в приобретение новых инструментальных средств. Здесь следует учесть и расходы на обучение (овладение методом, инструментальными средствами и языком программирования). Для некоторых организаций эти обстоятельства могут стать серьезными препятствиями.

Объектно-ориентированный подход не дает немедленной отдачи. Эффект от его применения начинает сказываться после разработки двух-трех проектов и накопления повторно используемых компонентов, отражающих типовые проектные решения в данной области.

Переход организации на объектно-ориентированную технологию – это смена мировоззрения, а не просто изучение новых CASE-средств и языков про-

граммирования. Таким образом, структурный подход по-прежнему сохраняет свою значимость и достаточно широко используется на практике.

На примере языка UML хорошо видно, что его авторы заимствовали то рациональное, что можно было взять из структурного подхода: элементы функциональной декомпозиции в диаграммах вариантов использования, диаграммы состояний, диаграммы деятельности и др.

Однако очевидно, что в конкретном проекте декомпонировать сложную систему одновременно двумя способами невозможно. Можно начать декомпозицию каким-либо одним способом, а затем, используя полученные результаты, попытаться рассмотреть систему с другой точки зрения.

Основой взаимосвязи между структурным и объектно-ориентированным подходами является общность ряда категорий и понятий обоих подходов (процесс и вариант использования, сущность и класс и др.). Эта взаимосвязь может проявляться в различных формах.

Так, одним из возможных подходов является использование структурного анализа как основы для объектно-ориентированного проектирования. Такой подход целесообразен ввиду широкого распространения CASE-средств, поддерживающих структурный анализ. Его можно считать слишком прагматическим, но в некоторых ситуациях иной подход невозможен.

При этом структурный анализ следует прекращать, как только диаграммы потоков данных начнут отражать не только деятельность организации (предметную область), а и систему ПО. После выполнения структурного анализа и построения диаграмм потоков данных вместе со структурами данных и другими продуктами анализа можно различными способами приступить к определению классов и объектов.

Так, если взять какую-либо отдельную диаграмму, то кандидатами в объекты могут быть внешние сущности и накопители данных, а кандидатами в классы – потоки данных. Другой формой проявления взаимосвязи можно считать интеграцию объектной и реляционной технологий.

Реляционные СУБД являются на сегодняшний день основным средством реализации крупномасштабных баз данных и хранилищ данных. Причины этого очевидны: реляционная технология используется достаточно долго, освоена огромным количеством пользователей и разработчиков, стала промышленным стандартом, в нее вложены значительные средства и создано множество корпоративных БД в самых различных отраслях, реляционная модель проста и имеет строгое математическое основание; существует большое разнообразие промышленных средств проектирования, реализации и эксплуатации реляционных БД.

Вследствие этого реляционные БД в основном используются для хранения и поиска объектов в так называемых объектно-реляционных системах. Объектно-ориентированное проектирование имеет точки соприкосновения с реляционным проектированием.

Например, как было отмечено выше, классы в объектной модели могут некоторым образом соответствовать сущностям. Как правило, такое соответствие имеет место только на ранней стадии разработки системы – стадии формирования требований.

В дальнейшем, разумеется, цели объектно-ориентированного проектирования (адекватное моделирование предметной области в терминах взаимодействия объектов) и разработки реляционной БД (нормализация данных) расходятся.

Таким образом, единственно возможным средством преодоления данного разрыва является построение отображения между объектно-ориентированной и реляционной технологиями, которое в основном сводится к отображению между диаграммами классов и реляционной моделью.

Одним из примеров практической реализации взаимосвязи между структурным и объектно ориентированным подходом является программный интерфейс (мост) между структурным CASE- средством Silverrun и объектно-ориентированным CASE-средством Rational Rose, разработанный российской компанией Аргуссофт.

Этот мост создает диаграммы классов Rational Rose на основе RDM-модели (Relation Data Model – реляционная модель данных) Silverrun и наоборот. Аналогичные интерфейсы существуют также между CASE-средствами ERwin (с одной стороны), Rational Rose и Paradigm Plus (с другой стороны).

Лекция 9. Стратегии проектирования

1. Стратегії проектування, класифікація, методи проектування. Готові стратегії: впорядкований пошук, вартісний аналіз, системотехніка.

Общие черты новых методов проектирования.

За внешним разнообразием новых методов скрыто несколько новых принципов проектирования. Объектом новых методов является не столько проектирование в общепринятом смысле этого слова, сколько мыслительная деятельность, предшествующая выполнению чертежей и проектов.

Что общего у новых методов: все эти методы направлены на то, чтобы заставить проектировщика “думать вслух”, позволяя другим людям ознакомиться с процессами мышления, объективировать процесс проектирования в форме слов, формул, схем. В основе всегда лежит стремление добиться большего контроля над процессом проектирования, особенно на уровне систем. Основное преимущество “открытости” в том, что другие люди могут следить и участвовать в процессе, сообщая проектировщику те сведения и оценки, которые выходят за пределы его знаний и опыта.

С точки зрения исследования творчества проектировщик представляет собой “чёрный ящик” на выходе которого возникает “творческое озарение”; с точки зрения логики проектировщик – это “прозрачный ящик”, в котором происходит логический процесс, до конца поддающийся объяснению; с точки зрения управления проектировщик – самоорганизующаяся система, которая способна отыскивать кратчайшие пути на неведомой территории. В соответствии с этим используются три модели проектировщика для исследования процесса разработки.

- проектировщик – чёрный ящик
- проектировщик – прозрачный ящик
- проектировщик – самоорганизующаяся система

Проектирование как “чёрный ящик”.

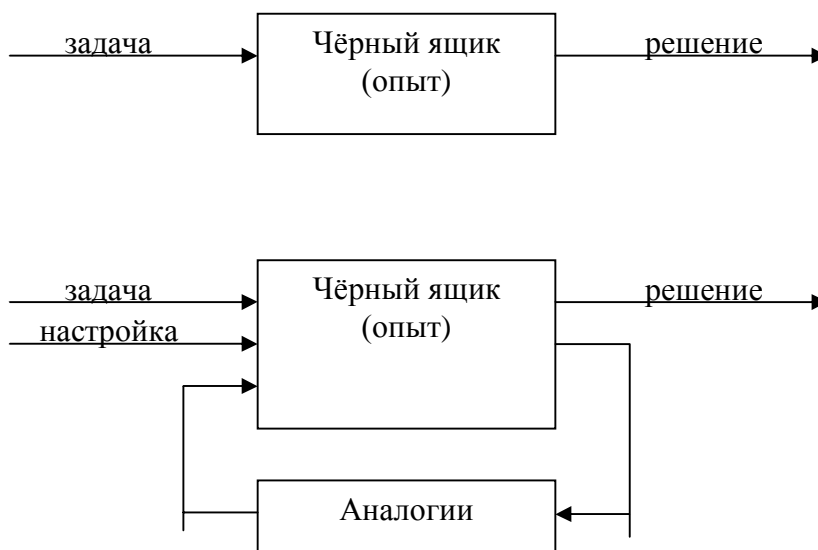
Самая важная часть процесса проектирования совершается в голове проектировщика, часто в области подсознания. Проектировщик способен получать на выходе решения, которым он доверяет, и которые часто оказывались удачными, хотя сам он не может объяснить, каким образом ему удалось прийти к этим решениям (без вмешательства сознания). Выходные сигналы мозга проектировщика определяются не только текущей ситуацией, но и ситуациями пережитыми в прошлом (опыт). Факт – любой входной сигнал (информация) может ограничить разнообразие выходных реакций, и что при разрешении конфликтов новой информации и опыта довлеет опыт.

Негибкость мышления – главный враг творчества. Тот, кто хочет создать проект, выходя за рамки стереотипов, должен обладать большей терпимостью к неопределённости и внутренним противоречиям.

Некоторые методы проектирования, разработанные с целью стимулирования “творчества”.

Мозговая атака – это беседа, каждый участник которой свободно выдвигает предложения при полном запрете критики. Снимаются внутренние ограничения на высказывания. Устраняются смысловые фильтры на выходе “чёрного ящика”, что увеличивает количество выходных сигналов (идей). Ценность “мозговой атаки” в том, что на ранних этапах проектирования, когда структура задачи ещё не ясна и не подвергалась трансформации, резко повышается скорость генерирования данных, имеющих отношение к этой задаче. Далее результаты “генерации” обрабатываются, классифицируются и анализируются.

Синектика. При работе “чёрного ящика” – недостатки – большое количество посторонних идей. Настроить “чёрный ящик” можно предварительно загрузив в него тщательно подобранные аналогии.



Применение “аналогий” для всех участников синектической группы настраивает “фильтры” участников в унисон. Меньше шумов, больше идей по конкретной задаче. Создаётся групповой язык, термины, быстрее и точнее отображающие детали задачи и их решение. Мысли проектировщиков приводятся в соответствие со структурой конкретной задачи проектирования.

Выводы: по методам “чёрного ящика”.

1. Выходные действия проектировщика определяются входными сигналами из решаемой задачи, а так же другими входными воздействиями, связанными с предыдущими задачами, опытом.

2. Временно сняв запреты, можно ускорить образование выходных сигналов, но они приобретают более случайный характер (шумы).

3. Для генерирования необходимо время на осознание задач (бесплодные поиски).

4. Контроль над формами ввода структуры в “чёрный ящик” повышает вероятность получения выходных реакций, содержащих решение задачи.

Проектировщик, как прозрачный ящик.

В ряде случаев процесс проектирования может быть объяснён и описан до конца. Отсюда системные методы проектирования. Логическое или систематическое поведение проектировщика напоминает работу ЭВМ: он пользуется только той информацией, которая в него введена и действует по заданной схеме, проводя анализ, синтез, оценку и повторение циклов до тех пор, пока не найдёт лучшее из всех решений.

Методы на основе модели “прозрачного ящика” характеризуются следующими общими чертами:

- Цели, переменные и критерии задаются заранее;
- Поиску решения предшествует проведение анализа;
- Оценка результатов даётся в основном в словесной форме и построено на логике (а не на эксперименте);
- Заранее фиксируется стратегия. Обычно – последовательные приёмы (перебор), иногда включаются параллельные, условные, циклические операции.

Коренным вопросом в применении методов “прозрачного ящика” является возможность расчленения (декомпозиция) задачи на отдельные части, которые можно решать затем последовательно или параллельно. Тогда решению каждой подзадачи можно уделить больше внимания – проще, сокращаются строки.

Объекты, представляющие собой поточные системы (агрегаты, в которых каждая функция выполняется отдельным узлом, а каждый узел связан с другими лишь заранее определёнными входными и выходными воздействиями). Функции однозначно связаны с отдельными физически различимыми узлами.

Все взаимодействия (интерфейсы) можно задать с самого начала, тогда можно считать, что если узел имеет заданные входные сигналы, то его можно включить в систему (системотехника).

Многие задачи не поддаются расчленению без ущерба для характеристик изделия. Требуется взаимоувязка различных деталей (решение одной детали влияет на другие, например, автомобиль). Функции не связаны со специализированными узлами, а распределены (и определяются по всему изделию). Тогда на опытного проектировщика – руководство, увязка решений, от комплектования до готового изделия. Опыт. Если опыта мало – накапливать – испытания, исследования, макетирование.

При проектировании встречаются два понятия

Линейность и цикличность процесса проектирования. При обеспечении линейности процесса задача решается за один проход по такой последовательности:

- выявление всех существенных переменных;
- определение зависимостей между ними;
- обеспечение оптимальных значений выходных параметров.

Однопроходное (линейное) проектирование более дешёвое, быстрое. Существует два направления по обеспечению линейности проекта:

1. Превратить разрабатываемое изделие в конструкцию поточного типа. Сначала спроектировать взаимозаменяемые нормализованные узлы для каждой функции, затем из них “собрать” изделие. Цикличность уходит из разработки изделия на уровень узлов (понятие стандартных элементов в ЭВМ: оговорены интерфейсы и не обращаем внимание на структуру самих элементов). Сложность: разработка стандартных узлов требует высокой квалификации и опыта разработчика.

2. Использование методов адаптивных стратегий. При этом, разработке по методу “прозрачного ящика” предшествует проведение исследований на более высоком уровне (НИР). Задача этих исследований в том, чтобы расширить и предсказать пространство маневрирования проектировщика при решении наиболее важных подпроблем (предварительный анализ и исследование нескольких вариантов решений). Но это не исключает цикличности. При обеспечении линейности вторым способом разработка ведётся в обратном порядке: от внутреннего к внешнему (сверху вниз) сначала детали, потом узлы, потом изделие. Сложно определить цели и критерии (пример – сначала ИС ЦП, а потом системная плата и ПЭВМ).

В типовом случае процесс проектирования носит циклический характер, так как важнейшие частные задачи остаются незамеченными до поздних этапов работы и потом требуют пересмотра решений, положенных в основу проекта. Циклическое проектирование часто проектирование по методу сверху вниз.

Проектировщик как самоорганизующаяся система.

Этот подход используется в том случае, когда первые два подхода тонут в обилии материалов, в необходимости его сразу оценить. Работа проектировщика разделяется на две части:

- осуществление поиска подходящей конструкции;
- контроль и оценка схемы поиска (управление стратегией).

Это даёт возможность вместо слепого перебора вариантов применить осознанный поиск и найти короткие пути, используя как внешние критерии, так и результаты частичного поиска. Эта модель “осознания себя и ситуации” (стратегии и цели) имеет своей целью предоставить каждому члену бригады проектировщиков возможность самому определить, насколько избранная методика поиска способна привести к приемлемому равновесию между новой конструкцией, ситуацией, на которую она окажет влияние, и стоимостью её разработки. Для этого создаётся метаязык из терминов, позволяющих описать зависимости между стратегией и проектной ситуацией, и посредством этого языка проводится оценка модели, которая позволяет предсказывать вероятные результаты альтернативных стратегий, для выбора наиболее перспективной (например, дерево целей первого, второго и третьего порядка вместе с универсальными контрольными перечнями, описывающими различные фазы жизненного цикла инженерной разработки).

Критерии управления проектными работами.

1. Выявление и пересмотр важнейших решений. Каждое решение, которое может принести убытки, должно быть выявлено как можно раньше. Такие решения на начальных стадиях следует принимать условно, предусматривать возможность их пересмотра в случае, если в дальнейшем обнаружится, что они конфликтуют с надёжно установленными фактами или обоснованными суждениями специалистов. Основные: исходные допущения, цели, выбор моделей, выбор стратегии, метод изменения стратегии.

2. Соотношение затрат на научно-исследовательскую работу (и ОКР) с убытками от принятия неверных решений. Убытки от незнания должны превышать затраты проектировщика при поиске ответа.

3. Распределение знаний в соответствии с возможностями исполнителей. Такие задания, с которыми он способен справиться, разбирается, заинтересован.

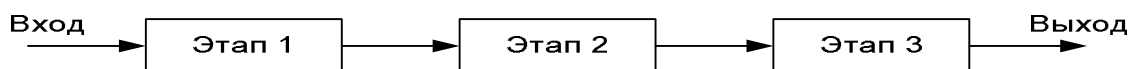
4. Исследование взаимосвязей между изделием и средой. Нужно оценить чувствительность конструкции к изменениям среды и соответственно сре-

ды к изменениям конструкции. Только потом выбирать (или изменить) стратегию проектирования.

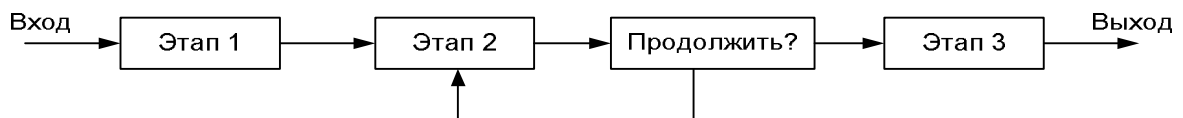
Этот термин применяется здесь в значении определенной последовательности действий, выбираемой проектировщиком или группой планирования с целью преобразования исходного технического задания в готовый проект. Стратегия может быть выбрана заранее либо меняться в зависимости от результатов предыдущих действий (намеченная последовательность действий).

Стратегии классифицируются и по степени заданности и по схеме поиска.

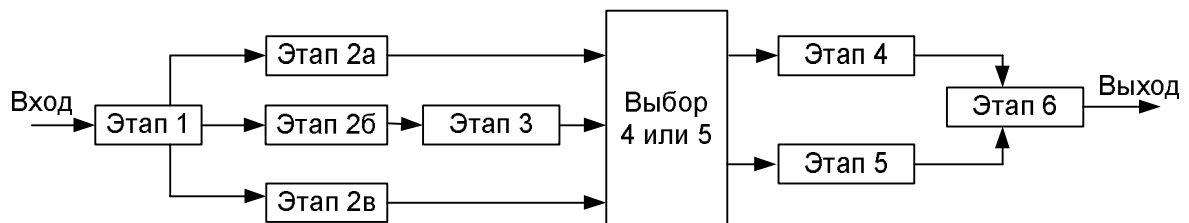
Линейная стратегия (жестко заданная).



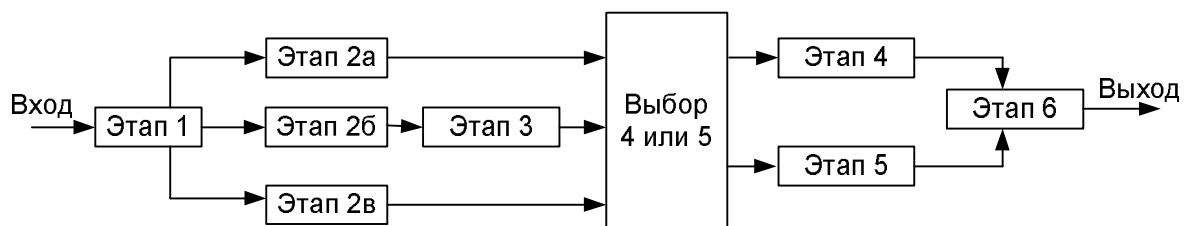
Циклическая стратегия (возможно несколько цепей обратной связи)



Разветвленная стратегия. 2а, б, в – параллельно; 4 и 5 – конкурирующие



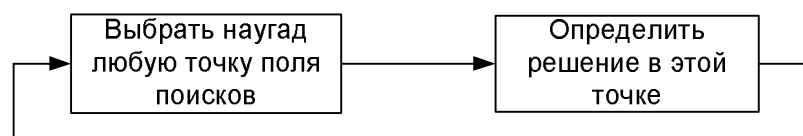
Адаптивная стратегия



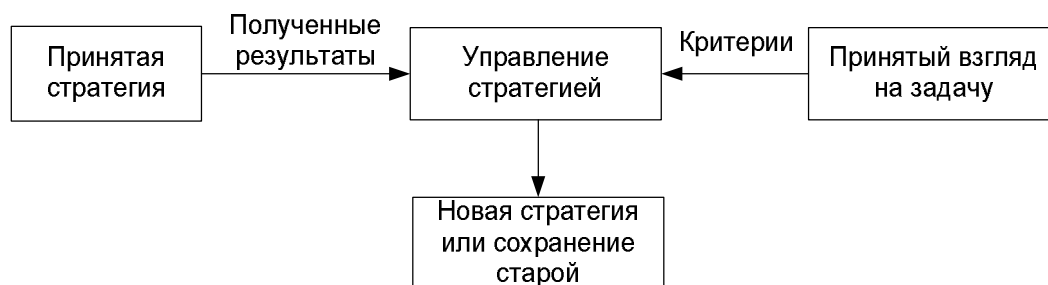
Стратегия приращения. Осторожная последовательность изменения шаг за шагом.



Стратегия случайного поиска, без плана. Для поиска отправных точек независимого поиска.



Методы управления стратегией предназначены для оценки стратегии в целом в соответствии с внешними критериями и промежуточными результатами осуществления самой этой стратегии.



Сохранение принятой стратегии пока она остаётся перспективной и отказ когда она перестаёт соответствовать окружающей обстановке.

Выбор метода проектирования

Методы проектирования выбираются в зависимости от стадии проектирования. Для упрощения ориентации в методах разработана таблица

Дано \ Требуется	2. Исследование исходной проектной ситуации	3. Анализ и преобразование структуры задачи
1. Составление технического задания	Формулирование задачи Поиск литературы Визуальные несоответствия Мозговая атака	Поиск литературы Визуальные несоответствия Мозговая атака Синектика
2. Исследование исходной проектной ситуации		
3. Анализ и преобразование структуры задачи	Поиск литературы Анкетный опрос Исследование поведения потребителей Системные испытания Выбор шкал измерений Накопление данных	

4. Определение границ Описание промежуточных решений Выявление конфликтов		Синектика Ликвидация тупиковых ситуаций AIDA Трансформация системы Смещение границ Проектирование новых функций Метод Александера
5. Комбинирование промежуточных решений и варианты проекта		
6. Оценка вариантов и выбор окончательного решения		Стоимостный анализ. Контрольные перечни. Выбор критериев. Ранжирование и взвешивание. Составление ТЗ. Индекс надежности.

Готовые стратегии

Метод	Цель
1. Упорядоченный поиск	Решить задачи проектирования с логической достоверностью
2. Стоимостный анализ	Ускорить поиск путей снижения себестоимости изделия в проектных и производственных организациях.
3. Системотехника	Добиться внутренней совместимости между элементами системы внешней совместимости между системой и окружающей средой.
4. Проектирование систем человек-машина	Добиться внутренней согласованности между человеческим и машинным компонентами в системе и внешней согласованности между системой и средой, в которой она функционирует.
5. Поиск границ	Найти пределы, в которых лежат приемлемые значения.
6. Кумулятивная стратегия Пейджа.	Увеличить затраты проектировщиков на анализ и оценку (оба эти процесса носят кумулятивный характер) и уменьшить затраты некумулятивных усилий на синтез решений, которые могут оказаться непригодными, т.е. исключить необходимость создавать плохие проекты, чтобы научиться разрабатывать хорошие.
7. Стратегия коллективной разработки проектов (CASA)	Дать возможность каждому, кто связан с проектированием системы, влиять на решения, от которых зависят как адаптивность, так и взаимная увязка её частей и деталей.

1. Упорядоченный поиск (применение теории решений)

Цель: Решить задачу проектирования с логической достоверностью.

План действий:

- 1.1. Выявить компоненты задачи:
 - Переменные, которыми проектировщик может распоряжаться по своему усмотрению (факторы решения, параметры проектирования).
 - Переменные, которые не зависят от воли проектировщика (факторы среды или независимые решения).
 - Переменные, которые должны определяться проектом (цели или зависимые переменные).
 - Назначить целям веса в соответствии с их относительной важностью (ранжирование и взвешивание).
- 1.2. выявить зависимости между переменными.
- 1.3. прогнозировать вероятностные значения факторов окружающей среды.
- 1.4. выявить ограничения или граничные условия, т.е. предельные значения всех переменных (min-max).
- 1.5. присвоить числовые значения каждому из факторов решения (т.е. проверить ряд вариантов решения проекта) и вычислить значения зависимых переменных (т.е. рассчитать получаемые при этом технические характеристики изделия).
- 1.6. выбрать такие значения факторов решения, при которых достигается наибольшая сумма числовых значений для целей с учетом их весов (т.е. оптимальный вариант проекта) или, по крайней мере, достигается приемлемое значение для каждой цели.

2. Стоимостный анализ

Цель: Ускорить поиск путей снижения себестоимости изделия в проектных и производственных организациях.

План действий:

- 2.1. Назначить консультанта для обучения бригады проектировщиков методу стоимостного анализа и для контроля их деятельности.
- 2.2. Установить определённые стандарты технических характеристик и качеств изделия.
- 2.3. Составить подборную калькуляцию себестоимости всех технических операций.

2.4. Предложить проектировщикам выполнить по каждой детали изделия следующие четыре этапа стоимостного анализа:

- идентификацию элементов, функций, стоимостей и цен.
- поиск более дешевых альтернатив.
- Отбор функционально приемлемых элементов более низкой стоимости.
- Оформление выбранного варианта изменения конструкции.

2.5. До того как приступить к производству изделия пониженной себестоимости, представить результаты стоимостного анализа на одобрение:

- Консультанту по стоимостному анализу.
- Конструкторскому бюро.
- Администрации.

3. Системотехника

Цель: Добиться внутренней совместимости между элементами системы внешней совместимости между системой и окружающей средой.

План действий:

3.1. Определить входы и выходы системы.

3.2. Найти систему функций, при которых можно подобрать или разработать технические устройства для осуществления каждой из этих функций.

3.3. Проверить полученную систему на внутреннюю и внешнюю совместимость.

4. Проектирование систем человек-машина

Цель: Добиться внутренней согласованности между человеческим и машинным компонентами в системе и внешней согласованности между системой и средой, в которой она функционирует.

План действий:

4.1. Определить входы и выходы системы.

4.2. Найти систему функций, при которых можно подобрать или разработать технические устройства для осуществления каждой из этих функций.

4.3. Определить, какие функции нужно возложить на людей, а какие на машины.

4.4. Определить необходимые методы обучения, вспомогательные средства, конструкции средств коммуникации (интерфейсы) между человеком и машиной и конструкцию машин.

4.5. Определить, какие изменения необходимо внести, чтобы обеспечить совместимость между человеком, машиной и средой.

5. Поиск границ

Цель: Найти пределы, в которых лежат приемлемые значения.

План действий:

5.1. Составить полное описание основных технических требований, которыми определяется искомый параметр.

5.2. Как можно точнее определить интервал значений, в котором заключена неопределённость.

5.3. Изготовить действующую модель, позволяющую генерировать основные параметры технических требований (входы) в интервале неопределённости.

5.4. Провести эксплуатационные испытания для нахождения предельных величин, между которыми заключена область нормальной работы изделия.

6. Кумулятивная стратегия Пейджса.

Цель: Увеличить затраты проектировщиков на анализ и оценку (оба эти процесса носят кумулятивный характер) и уменьшить затраты некумулятивных усилий на синтез решений, которые могут оказаться непригодными, т.е. исключить необходимость создавать плохие проекты, чтобы научиться разрабатывать хорошие.

План действий. Кумулятивные этапы:

6.1. Определить существенные цели, т.е. цели, достижение которых необходимо, чтобы проект удовлетворял заказчика, потребителей и всех, кого он касается.

6.2. Определить внешние факторы, которые могли бы помешать достижению хотя бы одной из существенных целей.

6.3. Установить критерии, позволяющие однозначно судить о приемлемости проектных решений.

6.4. Разработать методику испытаний по каждому из критериев. Она должна быть такой, чтобы:

- Точность результатов была не больше, чем необходимо, чтобы отличить приемлемое решение от неприемлемого;
- Вначале должны проводиться испытания, затрагивающие большое число альтернативных решений, а потом те, которые затрагивают лишь несколько решений;
- Доля затрат на проектирование от общей стоимости проектируемого изделия не превышала заданной величины.

Некумулятивные этапы:

6.5. Собрать обширное множество альтернативных частных решений для каждого существенного критерия и подготовить грубые модели для экспериментальных решений.

6.6. Провести всю последовательность испытаний на этих моделях, отбраковывая после каждого испытания, не выдержавшие его модели, пока не обнаружатся явные признаки сходимости к одному комплексу решений.

6.7. Разрешить внутренние противоречия конструкции:

- Путем разработки новых видов испытаний при одновременном воздействии нескольких факторов (при необходимости пересматривая ранее принятые решения)

- Путем поиска путей к объединению нескольких частичных решений для устранения противоречий.

6.8. Остановиться на одном эскизном решении, удовлетворяющем всем существенным критериям, и только после этого переходить к детализовке и уточнениям.

Стратегия коллективной разработки гибких технических проектов.

Цель: Дать возможность каждому, кто связан с проектированием системы, влиять на решения, от которых зависят как адаптивность, так и взаимная увязка её частей и деталей.

План действий:

7.1. Проектирование и реализация системы:

- Определить задачи системы по каждой области принятия решений
- Выявить возможные варианты решений по каждой из этих областей
- Принять решение и приступить к проектированию системы.

7.2. Проектирование и реализация подсистемы первого поколения:

- Определить задачи подсистемы каждой области принятия решений
- Выявить возможные варианты
- Принять решение и приступить к проектированию системы первого поколения

7.3. Проектирование и реализация подсистемы второго и последующих поколений осуществляется во время срока службы системы по методике п. 7.2.

Специалисты каждого профиля вместе с другими специалистами исследуют варианты решения. Заказчики должны утвердить цели и варианты решения по каждой стадии. Систему составляют те подсистемы, которые будут изменяться в ходе всего срока эксплуатации системы.

Лекция 10. Управление стратегией

Метод	Цель
1. Переключение стратегии	Добиться того, чтобы спонтанное мышление влияло на организованное мышление и наоборот
2. Фундаментальный метод проектирования (метод Мэтча)	Научить проектировщика понимать и контролировать свой образ мыслей и более точно соотносить его со всеми аспектами проектной ситуации

1 Переключение стратегии

Цель: Добиться того, чтобы спонтанное мышление влияло на организованное мышление и наоборот.

План действий:

1.1. Приступить к работе по стратегии, которая, по представлениям проектировщиков, соответствует задаче.

1.2. Действуя в соответствии с этой стратегией, отдельно записывать мысли, которые спонтанно приходят в голову каждому проектировщику.

1.3. Записывать каждую спонтанную мысль, как только она возникла, и не возобновлять работ по принятой стратегии пока не будет уверенности, что каждая мысль достаточно исследована, разработана и записана. Когда данная тема до конца продумана, возобновить работы по принятой стратегии.

1.4. Когда накоплено достаточное количество результатов, проверить направления, в которых идет плановая стратегия и спонтанные мысли.

1.5. Если эти два направления противоречат друг другу, решить, ли спонтанные мысли или перейти к новой стратегии, в которой эти два направления будут взаимно усиливаться.

1.6. Повторять эти действия до тех пор, пока не будет найдена стратегия, порождающая спонтанные мысли, которые её укрепляют.

2 Фундаментальный метод проектирования (метод Мэтча)

Цель: Научить проектировщика понимать и контролировать свой образ мыслей и более точно соотносить его со всеми аспектами проектной ситуации.

План действий:

2.1. Пройти обучение принципам и применению фундаментального метода проектирования.

2.2. После этого использовать следующие «режимы мышления» для осознания, контроля и приспособления образа мышления к задачам проектирования:

- Мышление стратегическими схемами;
- Мышление в параллельных плоскостях;
- Мышление с нескольких точек зрения;
- Мышление образами;
- Мышление в основных элементах.

2.3. Одновременно с помощью методики проектирования и контрольных перечней фундаментального метода проектирования исследовать характер проектной ситуации, к которой применяется мышление.

Методы исследования проектных ситуаций (дивергенция)

Метод	Цель
1. Формулирование задачи.	Охарактеризовать внешние условия, которым должен отвечать проектируемый объект
2. Поиск литературы	Отыскать опубликованную информацию, полезную для будущих проектных решений, которую можно получить своевременно и без затрат
3. Выявление визуальных несоответствий	Определить направления, по которым должен идти поиск путей совершенствования конструкторского решения
4. Интервьюирование потребителей.	Собрать информацию, известную только потребителям данного изделия или системы
5. Анкетный опрос	Собрать полезную информацию среди большой группы населения
6. Исследование поведения потребителей	Исследовать модели поведения потенциальных потребителей нового изделия и предсказать их предельные характеристики
7. Системные испытания	Определить действия, способные привести к желаемым изменениям сложной проектной ситуации
8. Выбор шкал измерения	Соотнести измерения и вычисления с погрешностями наблюдений, со стоимостью сбора данных и с задачами проекта
9. Накопления и свертывание данных	Построить и представить в визуальной форме модели поведения человека, от которых зависят критические проектные решения

1. Формулирование задачи

Цель: Охарактеризовать внешние условия, которым должен отвечать проектируемый объект.

План действий:

1.1. Охарактеризовать ситуацию функционирования объекта.

1.2. Определить характерные для ситуации условия, которым должен отвечать объект, чтобы он был принят заказчиком. Условия:

- конечные требования заказчика к объекту и их обоснование;
- наличные ресурсы;
- главные задачи (или цели). Конечной целью является обеспечение соответствия объекта этим условиям.

1.3. Обеспечить, чтобы условия, характеризующие главные задачи, были совместимы как друг с другом, так и с информацией, используемой в процессе проектирования.

2. Поиск литературы

Цель: Отыскать опубликованную информацию, полезную для будущих проектных решений, которую можно получить своевременно и без затрат.

План действий:

2.1. Определить цели, для которых разыскивается опубликованная информация.

2.2. Определить виды изданий, в которых может публиковаться достоверная информация, пригодная для указанных целей.

2.3. Выбрать наиболее подходящие методы поиска литературы.

2.4. Свести стоимость поиска литературы к минимуму, предусмотреть время на задержки в выдаче информации, непрерывно оценивать как выбор источников информации, так и пригодность собранных данных.

2.5. Поддерживать точную и полную картотеку признанных полезными документов.

2.6. Составить и постоянно обновлять библиотеку для быстрого отыскания нужной информации (справочники, ГОСТы, нормативы, ТУ...)

3. Выявление визуальных несоответствий

Цель: Определить направления, по которым должен идти поиск путей совершенствования конструкторского решения.

План действий:

3.1. Изучить образцы или фотографии существующих изделий.

3.2. Определить очевидные несоответствия и противоречия в конструкторском

ции.

3.3. Определить причины этих несоответствий и доказать целесообразность изменения художественно-конструктивного решения (эргономика, техническая эстетика).

3.4. Предусмотреть пути ликвидации несоответствий и способы приведения конструкции в соответствие с условиями эксплуатации.

4. Интервьюирование потребителей

Цель: Собрать информацию, известную только потребителям данного изделия или системы.

План действий:

4.1. Выявить ситуации потребления, имеющие отношение к исследуемой проектной ситуации.

4.2. Получить согласие всех лиц в рамках ситуации потребления, на которых может оказать влияние присутствие интервьюирующего или внедрение нового проекта.

4.3. Побуждать потребителей к описанию и демонстрации любых аспектов деятельности потребителя, которые имеют непосредственное отношение к исследуемой ситуации.

4.4. Направить беседу на обсуждение тех аспектов деятельности потребителя, которые имеют непосредственное отношение к исследуемой ситуации.

4.5. Зафиксировать во время интервью или сразу после него как основные, так и побочные выводы.

4.6. Получить замечания потребителей (если целесообразно, относительно выводов, сделанных на основе интервью).

5. Анкетный опрос

Цель: Собрать полезную информацию среди большой группы населения.

План действий:

5.1. Определить проектные решения, на которые могут повлиять ответы на вопросы анкеты.

5.2. Охарактеризовать виды информации, имеющие важное значение для принятия проектных решений.

5.3. Определить категории лиц, располагающими определенными видами информации.

5.4. Провести предварительные исследования, чтобы получить представления о знаниях потенциальных участников анкетного опроса.

5.5. Составить пробную анкету, отвечающую как процедуре опроса, так и конкретной проектной ситуации.

5.6. Распространить пробную анкету для проверки вопросов, вариативности ответов и метода их анализа.

5.7. Отобрать наиболее подходящий контингент лиц, располагающих необходимой информацией.

5.8. Собрать ответы на анкеты путем личного интервьюирования или по почте.

5.9. Извлечь из ответов данные, наиболее полезные для проектирования.

6. Исследование поведения потребителей

Цель: Исследовать модели поведения потенциальных потребителей нового изделия и предсказать их предельные характеристики.

План действий:

6.1. Прежде чем приступить к разработке новой конструкции, следует проконсультироваться с опытными и неопытными потребителями аналогичного оборудования и провести соответствующие наблюдения.

6.2. Проанализировать систему человек-машина для определения задач, возможностей потребителя и художественно-конструкторских требований к тем деталям конструкции, которые находятся в непосредственном взаимодействии с потребителем.

6.3. Изучить путем наблюдения или моделирования особенно важные аспекты поведения как неопытных, так и опытных потребителей предлагаемого изделия.

6.4. Зафиксировать предельные значения, превышение которых приведет к невозможности выполнения потребителем необходимых операций без возникновения ошибок, поломок, неудобств.

7. Системные испытания

Цель: Определить действия, способные привести к желаемым изменениям сложной проектной ситуации.

План действий:

7.1. Определить характеристики данной проектной ситуации, не соответствующие желаемому.

7.2. Определить источники резких изменений поведения в рамках данной ситуации.

7.3. Ввести существенные ограничения в источники вариабельности, снять их влияние на характеристики ситуации.

7.4. Выбрать наиболее перспективные и наименее безопасные из изученных ограничений и использовать их для планирования и достижения желаемых целей.

8. Выбор шкал измерения

Цель: Определить действия, способные привести к желаемым изменениям сложной проектной ситуации.

План действий:

8.1. Сформулировать вопросы, на которые результаты измерения должны дать ответ.

8.2. Определить допустимую погрешность и приемлемую стоимость измерения.

8.3. Выбрать соответствующую шкалу измерения.

8.4. Разработать методику измерений, соответствующую вышеуказанному.

9. Накопление и свертывание данных

Цель: Построить и представить в визуальной форме модели поведения человека, от которых зависят критические проектные решения.

План действий:

9.1. Выявить неопределенности, имеющие критическое значение для успеха или неудачи проектных решений в рассматриваемом диапазоне.

9.2. Определить, до какой степени следует сократить неопределенности, имеющие критическое значение.

9.3. Определить время и имеющиеся возможности для сокращения неопределенностей, имеющих критическое значение.

9.4. Просмотреть существующие методы накопления и свертывания данных, отмечая в каждом случае точность, скорость и стоимость обработки данных, а также типы вопросов, на которые может быть дан ответ.

9.5. Выбрать методы накопления и свертывания данных, совместимые с изложенными требованиями и друг с другом.

9.6. Непрерывно проверять правильность промежуточных результатов и неопределенностей, имеющих критическое значение и, при необходимости, корректировать методику.

Лекция 11 Методы поиска идей

Метод	Цель
1. Мозговая атака.	Стимулировать группу лиц к быстрому генерированию большого количества идей.
2. Синектика.	Направить спонтанную деятельность мозга и нервной системы на исследование и преобразование проектной проблемы.
3. Ликвидация тупиковых ситуаций.	Найти новые направления поиска, если очевидная область поиска не дала приемлемого решения.
4. Морфологические карты.	Расширить область поиска решений проектной проблемы.

1. Мозговая атака

Цель: Стимулировать группу лиц к быстрому генерированию большого количества идей.

План действий:

- 1.1. Отобрать группу лиц для генерации идей.
- 1.2. Ввести запрет критики любой идеи, какой бы «дикой» она ни показалась, довести до сознания участников, что нужны любые идеи, что необходимо получить много идей, что участники должны пытаться их комбинировать или усовершенствовать идеи, предложенные другими.
- 1.3. Зафиксировать выдвинутые идеи и затем дать им оценку.
- 1.4. Этапы генерации и оценки разности.

2. Синектика

Цель: Направить спонтанную деятельность мозга и нервной системы на исследование и преобразование проектной проблемы.

План действий:

- 2.1. Тщательно подобрать группу специалистов в качестве самостоятельного подразделения разработок.
- 2.2. Предоставить этой группе возможность попрактиковаться в использовании аналогий для ориентирования спонтанной активности мозга и нервной системы на решение предложенной проблемы.

2.3. Передать группе сложные проблемы, которые не могут решить основная организация, и предоставить ей достаточное время для их решения.

2.4. Предоставить результаты работы группы в основную организацию для оценки и внедрения.

3. Ликвидация тупиковых ситуаций

Цель: Найти новые направления поиска, если очевидная область поиска не дала приемлемого решения.

План действий:

3.1. Правила преобразований, которыми можно подвергнуть имеющиеся неудовлетворительное решение или какие-либо его части.

3.2. Поиск новых взаимосвязанных между частями имеющегося неудовлетворительного решений.

3.3. Переоценка проектной ситуации.

Правила преобразования: использовать по-другому, приспособить, модифицировать, усилить, ослабить, заменить, перекомпоновать, обратить, объединить.

4. Морфологические карты

Цель: Расширить область поиска решений проектной проблемы.

План действий:

4.1. Определить функции, которые приемлемый вариант изделия должен выполнять.

4.2. Перечислить на карте широкий спектр частичных решений, т.е. альтернативных средств осуществления каждой функции.

4.3. Выбрать по одному приемлемому частичному решению для каждой функции.

Лекция 12 Методы исследования структуры проблемы.

(трансформация)

Метод	Цель
1. Матрица взаимодействия	Обеспечить систематический поиск взаимосвязей между элементами в рамках данной проблемы
2. Сеть взаимодействий	Отразить схему взаимосвязей между элементами в рамках проектной проблемы
3. Анализ взаимосвязанных областей решения	Выявить и оценить все совместимые комбинации частичных решений проектной проблемы
4. Трансформация	Найти способы трансформации системы с целью ликвидации присутствующих ей недостатков
5. Проектирование нововведений путем смещения границ	Сместить границ нерешенной проектной проблемы, чтобы для ее решения можно было использовать знания из смежных областей
6. Проектирование новых функций	Создание радикально новой конструкции способной привести к новым моделям поведения и спроса
7. Определение компонентов	Найти правильные физические компоненты конкретной структуры, которые можно было бы изменять независимо друг от друга в соответствии с последующими изменениями среды
8. Классификация проектной информации	Разделить проектную проблему на поддающиеся решению части

1. Матрица взаимодействий.

Цель: Обеспечить систематический поиск взаимосвязей между элементами в рамках данной проблемы.

План действий:

1.1. Определить понятия «элемент» и «взаимосвязь», таким образом, чтобы другие специалисты могли выявить ту же конфигурацию элементов и взаимосвязей.

1.2. Составить матрицу взаимодействий, в которой каждый элемент может быть сопоставлен с любым другим.

1.3. На основе объективных данных определить имеется ли взаимосвязь между каждой парой элементов. Взаимосвязи: существенная, желательная, лишняя. Элемент - любая часть системы, оговоренная заказчиком.

2. Сеть взаимодействий

Цель: Отобразить схему взаимосвязей между элементами в рамках проектной проблемы.

План действий:

2.1 Дать однозначные определения понятий «элементы» и «взаимосвязи» (см. 1.1)

2.2 Использовать матрицу взаимодействий для определения взаимосвязанных пар элементов.

2.3 Вычертить граф в виде точек (элементов, соединенных линиями (связи между элементами)).

2.4 Изменить положение точек так, чтобы свести к минимуму число пересечений и более отчетливо выявить структуру сети.

Первоначально точки лучше размещать по кругу.

3. Анализ взаимосвязанных областей решения

Цель: Выявить и оценить все совместимые комбинации частичных решений проектов проблемы.

План действий:

3.1 Выявить несколько возможных вариантов в каждой области решений.

3.2 Указать, какие варианты несовместимы друг с другом

3.3 Перечислить все наборы вариантов, которые можно объединять друг с другом, не опасаясь их несовместимости,

3.4 При наличии единого количественного критерия для выбора вари-

антов (напр. стоимости), найти совместимые наборы вариантов, наилучшим образом удовлетворяющие данному критерию.

4. Трансформация системы.

Цель: Найти способы трансформации системы с целью ликвидации присущих ей недостатков.

План действий:

- 4.1 Выявить коренные недостатки существующей системы.
- 4.2 Установить причины этих недостатков.
- 4.3 Определить новые типы компонентов системы, способных ликвидировать присущие ей недостатки.
- 4.4 Определить последовательность изменений (путь трансформации или эволюционная траектория), которая позволит существующим компонентам системы эволюционировать в качественно новые.

5. Проектирование нововведений путем смещения границ.

Цель: сместить границы нерешенной проектной проблемы, чтобы для ее решения можно было использовать знания из смежных областей (например: компьютерный вирус биологический вирус: заражение, размножение, борьба, прививка).

План действий:

- 5.1 Выявить существенные функции какого-либо устройства, которое способствовало бы достижению поставленной задачи.
- 5.2 Выявить противоречия между существующими средствами выполнения этих функций в рамках предлагаемых границ проблемы.
- 5.3 Выявить знания, выходящие за предлагаемые границы проблемы, которые можно было бы использовать при трансформации проблемы.

6. Проектирование новых функций.

Цель: создание радикально новой конструкции, способной привести к новым моделям поведения и спроса.

План действий:

- 6.1 Выявить функции каждого конкретного элемента существующего решения.
- 6.2 Охарактеризовать основную функцию, для которой указанные функции являются вспомогательными.

6.3 Охарактеризовать изменения основной функции, которые могут привести к улучшению данной проектной ситуации.

6.4 Объединить решения 6.2 и 6.3 для получения новой основной функции

6.5 Найти альтернативные решения разделения новой основной функции на вспомогательные и закрепить каждую из них за новыми конкретными элементами.

7. Определение компонентов.

Цель: найти правильные физические компоненты конкретной структуры, которые можно было бы изменять независимо друг от друга в соответствии с последующими изменениями среды.

План действий:

7.1 Выявить все требования, оказывающие влияние на формирование конкретной структуры.

7.2 Определить, является ли каждая пара требований независимой или нет, и зафиксировать каждое решение в матрице взаимодействий.

7.3 Разложить матрицу на группы с тесной внутренней взаимосвязью между группами с тесной внутренней взаимосвязью и слабой связью между группами. Это и будут «правильные компоненты».

7.4 Разработать конкретные компоненты для каждого набора требований.

7.5 Скомпоновать из этих новых компонентов новую конкретную структуру или ввести некоторые новые компоненты в конкретные существующие системы (пример: микроконтроллер в системе)

8. Классификация проектной информации.

Цель: разделить проектную проблему на поддающиеся решению части.

План действий:

8.1 Записать на отдельной карточке каждую единицу информации, собранной в результате исследования проектной ситуации.

8.2 Классифицировать карточки по альтернативным наборам категорий, до тех пор, пока не будет найден набор, соответствующий как зафиксированным данным, так и субъективной точке зрения проектировщика на проблему.

8.3 Использовать отобранные наборы категорий как основу для индексации информации, собранной на более позднем этапе, для разбивки проблемы на части с целью последовательной или параллельной работы над ними, а

также для пробной идентификации переменных величин и их взаимосвязей.

8.4 Пересмотреть классификацию на более позднем этапе, если появятся противоречивые доказательства, изменяются задачи или точка зрения проектировщика на проблему.

Методы оценки (конвергенция)

Метод	Цель
1. Контрольные перечни	Дать проектировщикам сведения о требованиях, которые признаны релевантными (уместными, относящимися к делу) в аналогичных ситуациях
2. Выбор критериев	Установить критерии приемственности проектного решения.
3. Ранжирование и взвешивание	Сравнить ряд альтернативных проектных решений, используя общую шкалу измерения.
4. Составление Т.З.	Описать приемлемый конечный результат предстоящего процесса проектирования.
5. Индекс надежности.	Позволить неопытным проектировщикам выявить ненадежные элементы без испытания всей конструкции.

1. Контрольные перечни.

Цель: Дать проектировщикам сведения о требованиях, которые были признаны относящимися к делу в аналогичных ситуациях.

План действий:

1.1. Подготовить перечень вопросов, которые были признаны в одной или нескольких аналогичных ситуациях важными.

1.2. Задать некоторые или все эти вопросы применительно к проекту, подлежащему оценке.

Чаще всего требования, которые не были учтены заранее, не будут учтены и потом.

Трудности: время на составление и анализ.

2. Выбор критериев.

Цель: Установить критерии приемлемости проектного решения.

План действий:

2.1. Сформулировать задачу, которой должно отвечать приемлемое техническое решение.

2.2. Охарактеризовать «гарантирующее успех» направление работ по данной задаче.

2.3. Изучить имеющиеся данные о влиянии отклонений от сформулированной задачи и определить условие, соответствующее «области гарантированного успеха» в зоне между приемлемым и неприемлемым решениями.

2.4. Выбрать в качестве критерия простейшую меру надежно указывающую, лежит ли проект в «области гарантированного успеха».

2.5. Повторить п.2.1...2.4 для каждой задачи.

3. Ранжирование и взвешивание.

Цель: сравнить ряд альтернативных проектных решений, используя общую шкалу измерения.

План действий:

3.1. Определить задачи, которым должны отвечать альтернативные проектные решения.

3.2. Если задачи следует ранжировать, то:

- записать в матрице предпочтительную задачу из каждой пары;
- распределить задачи по их степени предпочтения.

3.3. Если задачи должны быть взвешены, назначить каждой задаче коэффициент весомости, указывающий на ее важность по сравнению с другими.

3.4. Измерить или оценить степень, с которой каждое альтернативное проектное решение отвечает каждой из ранжированных или взвешенных задач.

3.5. Преобразовать эти результаты в процентные отношения при ранжировании задач и в абсолютные величины цифровых коэффициентов весомости при взвешивании задач.

3.6. Выбрать альтернативные проектные решения, имеющие наилучшее процентное отношение или наибольший коэффициент весомости.

4. Составление технического задания.

Цель: описать приемлемый конечный результат предстоящего процесса проектирования.

План действий:

4.1. В предварительном плане охарактеризовать ряд важнейших результатов на разных уровнях общности.

4.2. Выбрать нижний уровень общности, представляющий проектировщикам достаточную свободу решений.

4.3. Определить ожидаемый результат проектирования вне зависимости от проектных характеристик, которые проектировщики могут свободно изменять, и в зависимости от их эксплуатационных характеристик, которые проектировщики могут программировать.

5. Индекс надежности.

Цель: Позволить неопытным проектировщикам выявлять ненадежные элементы без испытания всей конструкции.

План действий:

5.1. Подготовить описательную классификацию, включающую все характеристики, относящиеся к надежности деталей, а также все случаи ненадежности для рассматриваемого типа изделия.

5.2. Предложить опытным проектировщикам оценить степень и, с которой каждая пара элементов в данной классификации увеличивает ненадежность изделия.

5.3. На основе этих оценок вычислить средние величины показателей ненадежности для каждого элемента.

5.4. Выбрать элементы для описания каждой детали конструкции.

5.5. Вычислить средний цифровой показатель ненадежности для каждой детали.

5.6. Изменить конструкцию деталей, для которых получился высокий показатель ненадежности.

Лекция13 Методы моделирования систем

После рассмотрения основных понятий теории систем, теории управления, общих свойств и закономерностей систем необходимо перейти к вопросам:

- как анализировать системы – одна из основных задач СА;
- как принимать решения (выбирать решения).

Ответ на первый вопрос дает вторая тема дисциплины. Она включает рассмотрение следующих вопросов:

1. Каковы цели, виды и требования к процессам моделирования.
2. Как получать и анализировать математические модели различных типов систем

- задаваемых только структурой (статические системы):
- - аппарат теории графов;
- динамических систем с различными законами изменения внутреннего состояния $Z(t)$:
- - аппарат марковских процессов;
- - систем массового обслуживания (СМО);
- - автоматически – алгоритмические.

Общая характеристика процессов и методов моделирования

Моделирование как задача системного анализа

Основными задачами системного анализа являются следующие:

- Качественная и количественная оценка различных свойств и характеристик реальных объектов – систем.
- Исследование зависимости этих свойств и характеристик (показателей) от различных параметров (переменных).
- Выработка решений, направленных на оптимизацию этих свойств и характеристик системы.

Решение этих задач осуществляется путем разработки и исследования модели (моделей) системы, представляющей собой некоторый его образ, который:

- в определенных условиях заменяет объект–оригинал, воспроизводя интересные нас свойства и характеристики оригинала;
- имеет существенные преимущества использования (наглядность, доступность, компактность и т.д.).

Следовательно, *моделирование* – это процесс исследования объектов (систем) путем построения и изучения их моделей.

Принцип моделируемости является одним из основных принципов системного подхода и отражает тот факт, что в большинстве случаев исследуется не реальная система, а модель.

Необходимость использования принципа моделируемости обусловлена тем, что:

1. Не всегда возможно и целесообразно, особенно при разработке дорогих (уникальных) систем, создавать реальную систему (примеры: “Хартрон” – технология электронных пусков, реализация бортовой аппаратуры на ПЛИС);

2. Для сложных системы исследование может быть сведено к совокупности взаимосвязанных, относительно простых, моделей, характеризующих одно или несколько свойств системы (принцип декомпозиции). Модель позволяет оперативно исследовать сложную систему и корректировать ее характеристики, управлять ею.

Требования к модели

Адекватность – степень соответствия модели и оригинала (самой системы).

Адекватная модель – модель, удовлетворяющая требованиям (обеспечивающая требуемые характеристики полноты, точности, истинности в той мере, которая приводит к достижению цели моделирования).

Замечание: об адекватности следует говорить только в рамках поставленной цели моделирования, например древние астрономы умели точно предсказывать положение звезд и планет, используя ложную геоцентрическую модель Вселенной.

Понятие адекватности основано на строгих математических отношениях:

- Изоморфизма (взаимное соответствие между объектом моделирования и его моделью)
- Гомоморфизма (соответствие модели объекту моделирования).

Следует иметь в виду, что моделирование – это, прежде всего, процесс нахождения компромисса между простой описания системы и степенью её детализации, обеспечивающей высокую адекватность.

Чрезмерное усложнение модели может сделать процесс исследования системы невозможным.

Чрезмерное упрощение модели приводит к тому, что результаты ее анализа могут привести к принятию ложных решений.

Три степени сложности модели:

- задачи ориентированной простоты (ЗОП). (Задачи с малым числом переменных – аналитические модели, задачи Ньютона);
- задачи неорганизованной сложности (ЗНС) (поведение газа в замкнутой объеме – статистические методы);
- задачи организованной сложности (ЗОС). (современные технологии, организационно – технические комплексы, АСУ). Ограничение для ЗОС: вычислительная сложность современных моделей.

Правило Бреммермана:

Не существует системы обработки данных, искусственной или естественной, которая бы могла обрабатывать более $2 \cdot 10^{47}$ бит в секунду на грамм своей массы.

Следовательно, ЭВМ с массой Земли ($6 \cdot 10^{27}$ г) за время, равное ее возрасту (10^{10} лет), смогла бы обработать 10^{93} бит – предел Бреммермана.

Задачи, требующие обработки более 10^{93} бит называются трансвычислительными задачами.

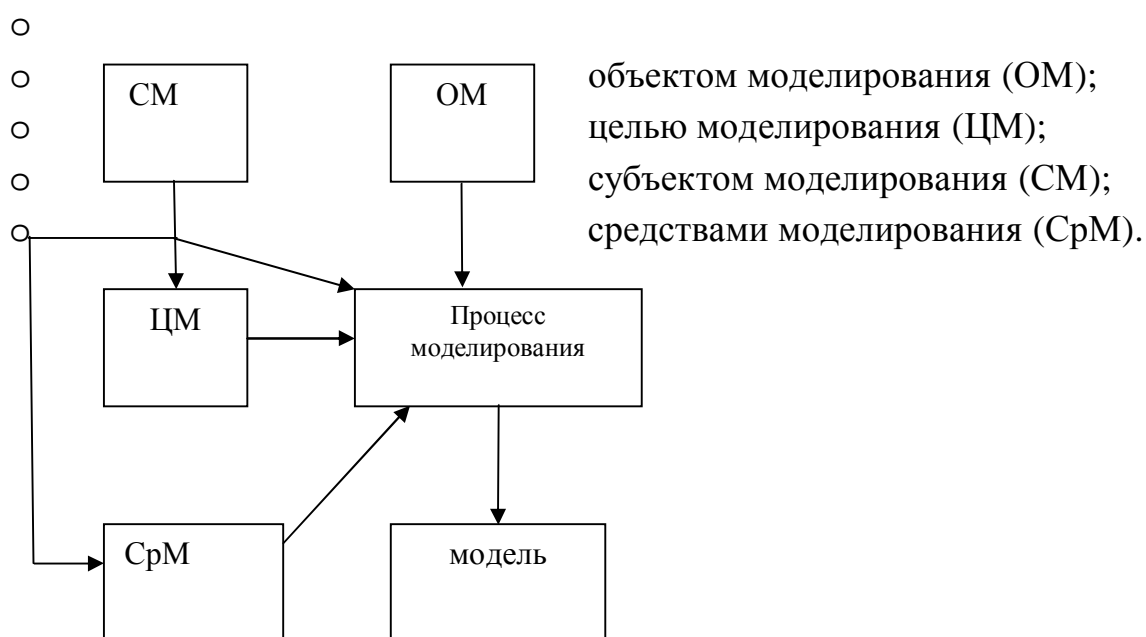
Пример: от консолидации информационных и коммуникационных ресурсов Internet к консолидации вычислительных ресурсов – **метакомпьютинг**.

Поиск компромисса между адекватностью и простотой модели может быть осуществлён на основе:

1. Стратифицирования – представления системы в виде семейства моделей, описывающих ее поведение на соответствующем уровне абстрагирования.

1. Исследования более мощных распределенных вычислительных средств – метакomпьютинг.

Качество моделирования определяется:



Классификация моделей

Признаки классификации.

- основанием для классификации моделей является цель моделирования;
- целевая ориентация моделей позволяет классифицировать их по:
 - а) **типам целей,**
 - б) **этапам жизненного цикла** (протяженности во времени),
 - в) **способам воспроизведения,**
 - г) **уровню формализации и др.;**

2. Характеристики основных классов моделей.

По типу целей: прагматические и познавательные. Если в процессе создания познавательной модели обнаруживается ее расхождение с реальным объектом – корректируется модель, чтобы приблизить ее к реальности (различные научные теории).

Прагматические модели при обнаружении расхождения с реальным объектом требуют усилий, приравненных к изменению реальности. Примеры таких моделей: стандарты, законы, шаблоны, стандарты в области SW Engineering.

• **По протяженности во времени:**

статические – для фиксированного момента времени;

динамические – для какого-либо интервала жизненного цикла.

• **По способу воспроизведения:**

- **материальные** – строятся с использованием ресурсов окружающего мира.

Делятся на: физические (повторяют объект); аналоговые (используют метод подобия);

идеальные – строятся средствами мышления, сознания. Делятся на: неформализованные (интуитивные, т.е. мышление, словесные); формализованные (знаковые т.е. логические, графические, математические (ММ)).

Неформализованные методы (“мозговая атака”, Delphi, экспертные оценки и др.) все больше формализуются.

Формализованные – все больше расширяются на область эвристики.

Границы между математическими, логическими и графическими моделями все больше стираются. Часто говорят о логико-математических моделях.

ММ устанавливают соответствия между параметрами и характеристиками (входными и выходными процессами) наследуемого объекта в виде зависимости:

$$Y=F(x), \quad Y=\{y_1, \dots, y_n\}, \quad x=\{x_1, \dots, x_m\}.$$

Построение ММ сводится к выявлению функции F , определению состава элементов множеств X и Y в зависимости от исследуемых свойств.

ММ (с точки зрения способа вычисления показателей качества системы) делятся на: аналитические; алгоритмические (базирующиеся на численных методах); имитационные.

При аналитическом моделировании оператор F задается в виде математических выражений, формул – алгебраических, дифференциальных уравнений и т.д. Данные модели наиболее удобны для использования, имеют относительную простоту, однако, часто требуют ввода большого числа допущений, что понижает их адекватность.

Основные виды аналитических моделей (АМ): теория множеств (дискретная математика в целом), вероятностная статистика, дифференциальные уравнения и др.

При численном моделировании схема вычислений операнда F задается алгоритмом, реализация которого позволяет получить требуемые значения зависимости $Y=F(x)$. Недостаток ЧМ: сложность использования рекуррентных методов, итеративных процедур поиска решений.

Имитационные модели (ИМ) – основной вид ММ сложных систем. ИМ – это вычислительная процедура или программная реализация алгоритмов функционирования систем. ИМ могут учитывать как детерминированные, так и стохастические связи, характеризующие исследуемую систему.

Наибольшее распространение получили стохастические ИМ. Их основа – математическая статистика и теория вероятностей. ИМ позволяют обеспечивать требуемую адекватность и точность моделирования.

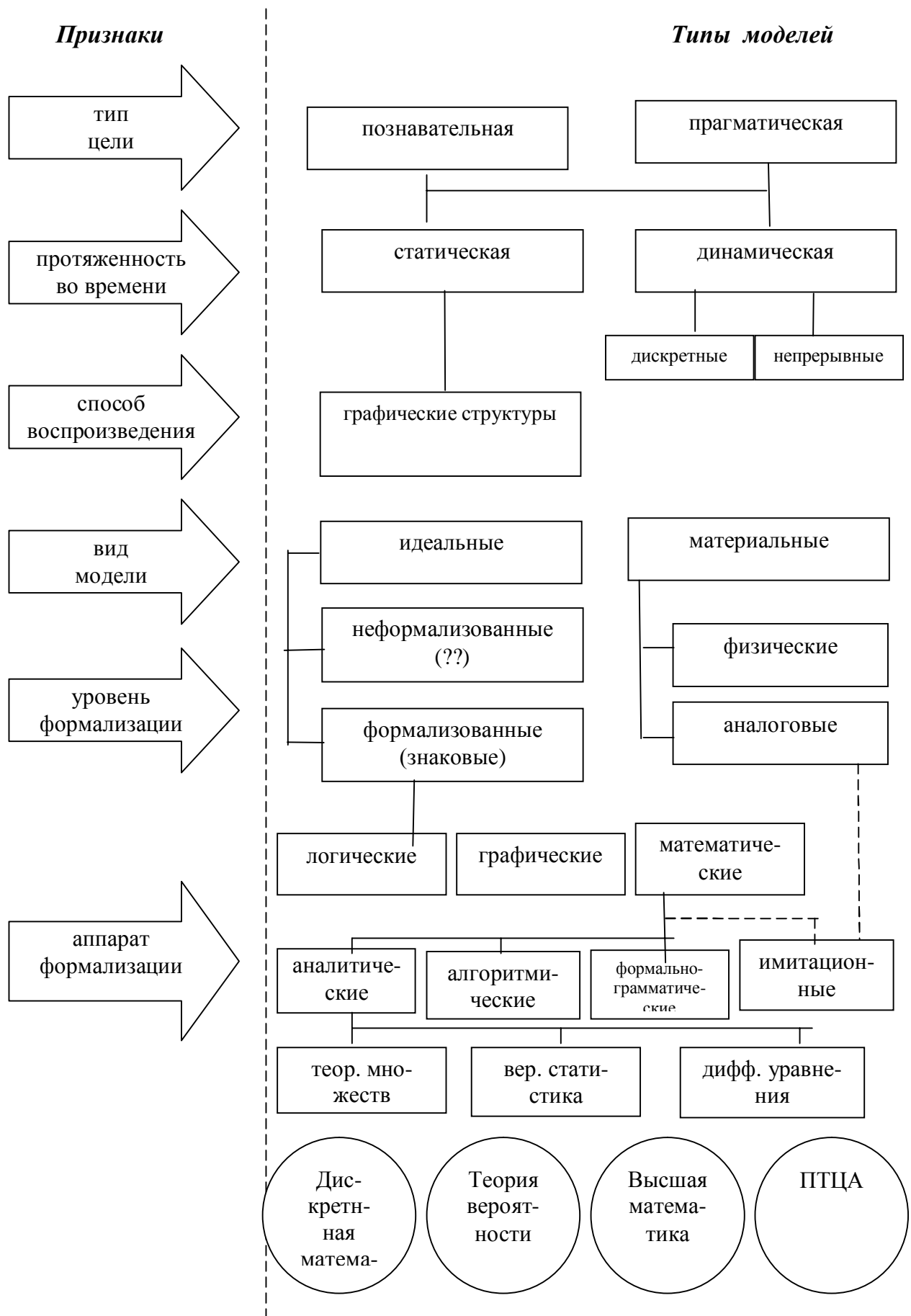


Рис.2

Этапы построения математической модели системы

1. Определение объекта моделирования

выделение объекта из окружающей среды. Установление связей со средой (системами высшего и низшего уровня).

2. Сбор и обработка информации об объекте

- Сбор данных «лежащих на поверхности» (паспортные характеристики).
- Анализ информации и определение предназначения, функций, свойств, состава и структуры («анализ вглубь»).

(Z) Сбор и анализ информации должен проходить под углом зрения цели моделирования.

3. Определение цели моделирования

цель моделирования определит объем и номенклатуру данных, выбор типа модели и математических аппарата.

4. Построение вербальной модели (ВМ) объекта

словесное описание объекта, его подсистем и элементов, присущих закономерностей и свойств.

5. Построение формализованной модели

промежуточный этап между ВМ и собственно ММ.

6. Построение ММ (идентификация объекта)

- Записать в математическом виде все соотношения, придать математическую форму всем сведениям.
- Сформулировать оператор F ($Y=F(x)$).

7. Проверка адекватности ММ объекту.

Это необходимое условие для перехода от исследования объекта к исследованию модели.

8. Окончательная коррекция модели и уточнение диапазонов изменения значений ее параметров

Выводы.

1. Моделирование является неотъемлемой и основной задачей системного анализа и отображает принцип исследования объекта по его модели.

2. Основными требованиями к модели являются адекватность и простота. Эти требования противоречивы.

3. Для уменьшения сложности модели используют декомпозицию объекта анализа на совокупность более простых моделей.

4. Основные этапы моделирования включают определение объекта и цели моделирования, сбор и анализ информации о нем, разработку математической модели и проверку ее адекватности.

ЛЕКЦИЯ 15 Методы принятия решения

Успех исследования конкретной системы или качество создаваемого проекта во многом зависят от того, насколько удачно исследователь сумел вписать в неформальную по существу процедуру создания проекта формальные математические методы.

Более того, **одна из основных задач системного анализа как дисциплины – научиться объединять математические (формальные) и неформальные методы анализа, строгие способы исследования формализованных моделей с экспериментом, эвристическими приемами, суждениями экспертов.** Ранее были рассмотрены математические методы поддержки принятия решений, базирующиеся на математическом программировании, сетевом планировании и др.

Цель лекции – обоснование необходимости и областей использования неформальных методов принятия решений, рассмотрение их сущности, анализ достоинств и недостатков.

Неформальные методы принятия решений

Необходимость использования неформальных методов принятия решений

Можно ли вообще ставить вопрос об объединении математических методов и методов, основанных на интуиции и опыте? Не является ли сама постановка вопроса противоречивой?

В самом деле, в традиционной математике только математические результаты, сформулированные в форме теорем, считаются бесспорными и окончательными, только они кажутся достаточно убедительными.

Математические методы – и только они – дают однозначный вывод из исходных посылок, не допуская альтернативных цепочек следствий. Все другие способы анализа, основанные на интуиции и аналогиях, не обладают подобной строгостью логических заключений. Любые утверждения, полученные не на основе математических методов, математик может ставить под сомнение – ему всегда недостает доказательств.

Однако и в самой математике формальное и неформальное всегда соседствуют и отделить эвристическую часть исследования, основанную на интуиции и изучении окружающего мира, от формальных математических построений подчас бывает очень непросто. В самом деле, математика делает однозначным, строго обоснованными любые следствия из исходных посылок.

В тоже время исходные посылки – **аксиомы** – проистекают из гипотез, которые лежат вне математики. Эти гипотезы возникают, как результат неформального мышления, как обобщение опыта и наблюдения. Значит, **формальное**

и неформальное всегда присутствуют в исследованиях одновременно, переплетаясь друг с другом.

Математическая модель – это продукт неформального мышления; в ней уже закодирована вся информация о природе изучаемого процесса. Далее формулируется определенная алгебра, т.е. создается система процедур, алгоритм, который определяет логическую цепочку действий, позволяющих декодировать ту информацию, которая уже содержится в модели.

Следовательно, одна из задач математики – декодирование информации, заложенной в модельном описании, построение той логической цепочки последовательных рассуждений (т.е. алгоритма и его реализации), которую традиционная для естественных наук неформальная манера мышления сформировать не может).

Таким образом, если формальные и неформальные методы анализа так тесно связаны друг с другом, то законна и другая точка зрения – их можно и не разделять, рассматривая их как элементы единого целостного процесса исследования. Отсюда вытекает, что создание модели (неформальное) можно, а точнее, при соответствующих обстоятельствах и целесообразно не отделять от методов её исследования (формального).

Кроме того, следует иметь ввиду, что необходимость неформального анализа возникает не только в процессе формирования гипотез, но и при разработке математических методов, когда, например, точное решение задачи существует, но его реализация требует непредвиденно больших затрат машинного времени.

Выше сказанное подчёркивает важность использования эвристических процедур, когда исследователь систем обращается не к ЭВМ с целью реализации имитационной системы, а к эксперту, носителю знаний и опыта. Эксперт в этом случае как бы играет роль некоторого прибора, который либо совершает предпочтительный выбор, либо устанавливает значения коэффициентов, либо устанавливает причинно-следственные связи.

Обращение к эксперту – тоже некоторый своеобразный эксперимент, который имеет смысл уточнить, повторить, обратиться с одним и тем же вопросом к различным экспертам, использовать не только индивидуальный, но и коллективный опыт. В то же время, использование коллективного опыта, определение его предпочтительности в тех или иных ситуациях – это ещё одна гипотеза, за которую целиком отвечает исследователь систем. Рассмотрим некоторые из получивших наибольшее распространение коллективных экспертиз.

Концепция «мозговой атаки»

Концепция «мозговой атаки» (иначе – «мозгового штурма») получила широкое распространение с начала 50-х годов как «метод систематической тренировки творческого мышления», направленный на «открытие новых идей и достижение согласия группы людей на основе интуитивного мышления».

Обычно при проведении «мозговой атаки» или «коллективной генерации идей» стараются выполнить определённые правила, суть которых сводится к тому, чтобы обеспечить как можно большую свободу мышления участников процесса и высказывания им новых идей.

Для этого рекомендуется приветствовать любые идеи, даже если они вначале кажутся сомнительными или абсурдными (обсуждение и оценка идей проводится позднее), не допускать критики, не объявлять ложной идею, не прекращать обсуждать ни одну идею, высказывать как можно больше идей (желательно не тривиальных), стараться создавать как бы ценные реализации идей.

В зависимости от принятых правил и жёсткости их выполнения различают прямую «мозговую атаку», метод обмена мнениями, методы, основанные на принципах судов, когда одна группа вносит как можно больше предложений, а вторая – старается их максимально критиковать.

Синектика

Синектика – это комплекс методов психологической активизации творческого процесса. Она предполагает создание постоянных групп специалистов, осуществляющих «мозговой штурм» на определённых этапах проектирования разработки, решения задач в изобретательской практике (АРИЗ).

Такие группы, накапливая приемы, опыт, повышают эффективность поиска новых технических решений. При этом широко используются **анalogии и ассоциации**. Обычно при реализации метода синектики применяются прямая, личная и символическая аналогии.

Метод синектики предложил Гордон (США). Название метода связано с тем, что методика, разработанная Гордоном, впервые была реализована в 1960 г. фирмой «Синектик инкорпорейтид», которая с 1960 по 1970 г. обучила 2 тыс. специалистов. Само слово «синектика» (греч.) – совмещение разнородных элементов.

Синектика является наиболее сильной из созданных за рубежом методик психологической активизации мышления разработчиков. **По существу метод синектики является дальнейшим развитием метода «мозгового штурма».**

Обычно метод синектики предполагает, как и «мозговой штурм», проведение синектического заседания специалистов, занимающихся разработкой

проблемы в той или иной области. В качестве примера на рис.1 изображена одна из типовых структур синектического заседания.

Рассмотрим последовательно проводимые 12 операций метода.

Первые четыре операции осуществляют логический и творческий переход от состояния «Проблема, как ее понимают» (ПКП). Эта эвристическая задача решается постановкой проблемы в общем виде; анализом проблемы с тем, чтобы сделать ее знакомой (понятной); отсеиванием первых неудачных решений.

Пятая операция предполагает применение метода аналогии «Вызывающий аналогии вопрос» (ВAB). Далее производится генерирование следующих аналогий прямой, личной («эмпатии») и символической.

Седьмая операция метода основана на дальнейшем развитии упомянутых аналогий, обыгрывании их, выявлении тех или иных значений. На этом этапе можно применить методы морфологического анализа, мозгового штурма, фокальных объектов. Следующий этап заключается в использовании аналогий. При этом формулируются понятия аналогий к состояниям ПКД и ПКП с целью генерирования новых идей.

Девятый этап состоит в выборе наиболее оригинальных (удачных) альтернатив. После этого 10-я процедура завершает цикл творчества дилеммой «есть новая идея или нет».

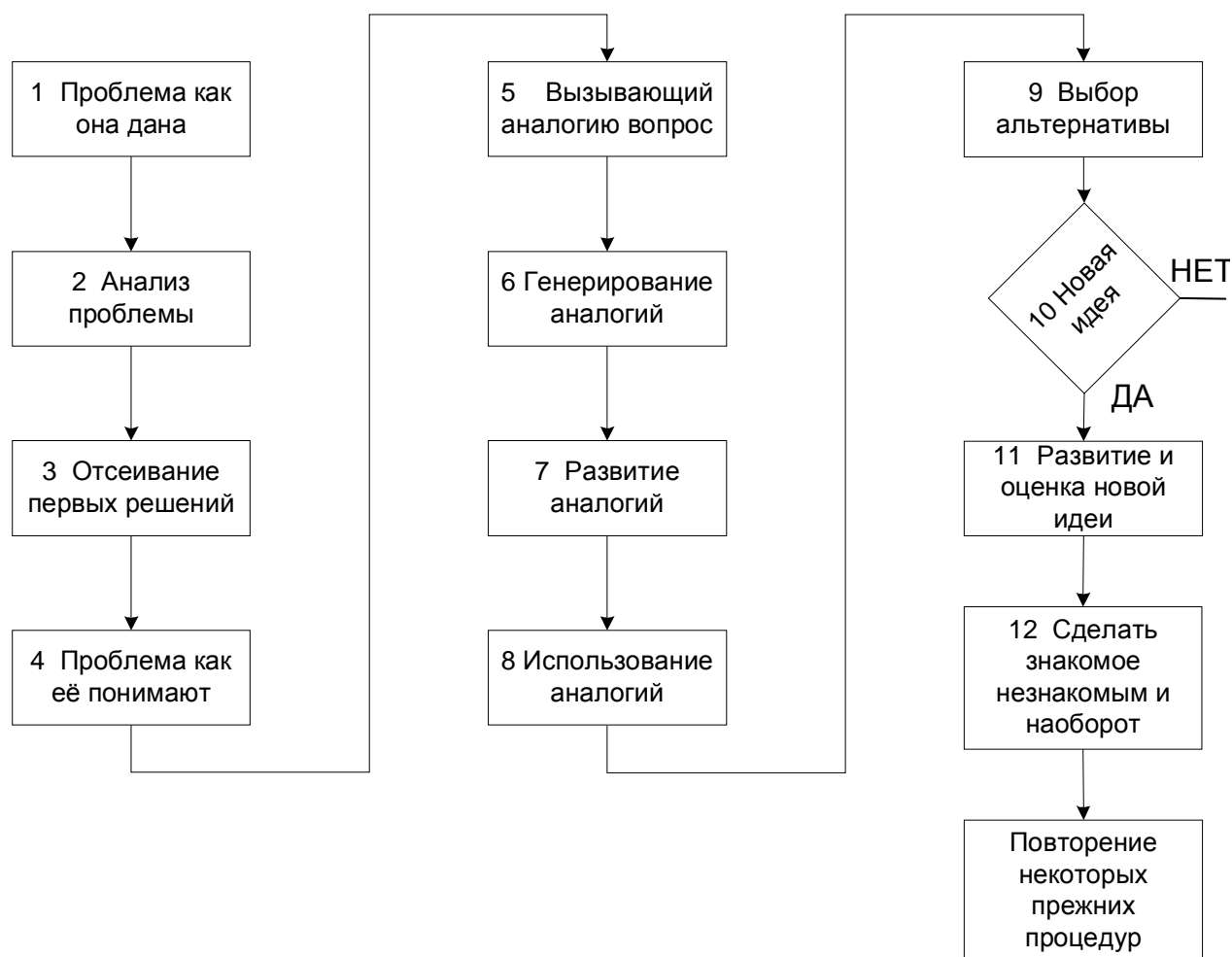


Рис. 1 Структура синектического заседания

В случае положительного ответа выполняется 11-я процедура, заключающаяся в развитии и оценке *новой идеи*. Здесь снова можно применять другие известные методы коллективного творчества. Если результат поиска отрицательный (новой идеи нет), то производится 12-я процедура «сделать знакомое незнакомым (и наоборот)».

Последнее достигается следующим способом:

- поиском новых аналогий путем новых вызывающих аналогии вопросов;
- повторением процедур 7 и 8;
- возвращением к состояниям ПКП и ПКД новых ВАВ, повторением этапов 7 или 8;
- формирование нового аспекта ПКП, повторением процедур 2, 5 и 8.

В пользу метода синектики свидетельствует тот факт, что постоянными клиентами фирмы «Синектик инкорпорейтид» являются такие известные фирмы, как «Дженерал Электрик», «Ремингтон», «ИБМ», «Зингер».

Дельфийский метод

***Дельфийский метод* обычно используют в тех случаях, когда группа экспертов специально собирается для обмена мнениями.**

Дельфийский метод, а также теория, на которой он основан, неразрывно связаны с понятием согласия между экспертами. Интересно отметить, что, по мнению одного из создателей дельфийского метода, последний не разрабатывается исключительно ради того, чтобы помочь группе людей прийти к единодушию, или сходству во взглядах. Скорее он был построен как метод, имеющий целью наилучшим образом использовать информацию, которой располагают члены этой группы. В данном случае целью является использование мнений экспертов, способных наилучшим образом оценить и сравнить относительную важность тех факторов, которые являются очевидными, с теми, необходимость рассмотрения которых может быть осознана только интуитивно в результате накопленного опыта.

Дельфийский метод основан на итеративной процедуре, с помощью которой комиссия экспертов опрашивается таким образом, что на ряд поставленных перед ними вопросов они отвечают в несколько этапов. Этот метод обладает тремя отличительными особенностями:

- 1) анонимностью;
- 2) управляемой обратной связью;
- 3) статистическим групповым ответом.

Члены комиссии отвечают на вопросы, не вступая в контакт друг с другом или даже не зная друг друга. Этим обеспечивается анонимность. Существование управляемой обратной связи следует из того, что после каждого этапа вопросов ответы табулируются и строится их вероятностное распределение. Перед очередным этапом эксперты могут оценить результаты предыдущего цикла, правильность своих доводов и отклонение полученных ими результатов от среднего значения. Безусловно, на экспертов определенным образом воздействуют ответы, данные незнакомыми им специалистами, и после нескольких итераций процесса будет достигнута большая степень согласия.

Дельфийский метод, при использовании которого не допускаются непосредственные контакты экспертов друг с другом, *устраняет ряд недостатков*, характерных при коллективном решении проблем. Он исключает случаи, когда имеют место злоупотребление служебным положением, принуждение при голосовании и другие отрицательные явления в работе коллектива.

Дельфийский метод следует рассматривать как *инструмент исследования*, который может быть использован в специальных случаях, когда никакой

другой метод не применим. Особенно хорошо он подходит для ситуации, когда комиссия экспертов отвечает на вопросы, связанные с прогнозированием, и все ее члены согласны давать ответы в несколько этапов, имея возможность искренне высказывать свою точку зрения и изменять свое решение.

Дельфийский метод представляет собой также *инструмент планирования*, способствующий взаимодействию планировщиков друг с другом в целях решения сложных проблем.

Его можно применять и при изучении развития происшедших событий для того, чтобы понять, как и почему они произошли.

Дельфийский метод *не является рабочим инструментом*, его нельзя использовать в тех случаях, когда согласованное решение требуется принять немедленно, в рабочей обстановке. Одно из основных затруднений в данном случае заключается в том, что между каждыми двумя этапами процесса необходимо собрать и объединить ответы, а затем сообщить их членам комиссии.

Дельфийский метод *не подходит для тех случаев, когда нет возможности изменить свое решение или когда такое изменение связано с большими трудностями*.

3.4.5. Метод "сценариев"

Метод подготовки и согласования представлений о проблеме или анализируемом объекте, изложенных в письменном виде, называется *методом «сценариев»*.

Первоначально этот метод предполагает подготовку текста, содержащего логическую последовательность событий или возможные варианты решения проблемы, развёрнутые во времени. Однако позднее обязательный учет фактора времени перестал иметь принципиальное значение и сценарием стали называть любой документ, содержащий анализ рассматриваемой проблемы и предложения по её решению, независимо от того, в какой форме он представлен. Как правило, предложения по подготовке подобных документов пишутся экспертами в начале индивидуально, а затем формируется согласованный текст.

Сценарий предусматривает не только содержательные рассуждения, помогающие не упустить детали, которые невозможно учесть в формальной модели (в этом собственно и заключается основная роль сценария), но и содержит, как правило, результаты количественного технико-экономического и (или) статистического анализа с предварительными выводами. Однако следует помнить, что сценарий – это текст со всеми вытекающими последствиями (синонимия,

омонимия, парадоксы), связанными с возможностью неоднозначно его толкования различными специалистами.

Метод морфологического анализа

Одним из примеров реализации системного подхода в процессе принятия решения является метод морфологического анализа. Этот метод состоит в составлении двумерных или многомерных матриц (таблиц) основных признаков (свойств) системы и последующем сравнительном анализе. При этом в совершенствуемой системе производятся две основные операции:

- 1) выделяют несколько наиболее характерных признаков построения системы (структурных, морфологических);
- 2) по каждому выделенному морфологическому признаку составляют список возможных конкретных вариантов (альтернатив) технической реализации признаков.

Последовательность морфологического анализа можно представить следующим образом:

- 1) точно сформулировать задачу;
- 2) определение параметров (классификационных признаков) P_i , от которых зависит решение проблемы. Здесь следует иметь в виду, что процедура анализа может быть итеративной с уточнением или изменением набора P_i по мере уточнения представлений об исследуемом объекте или процессе принятия решения);

- 3) деление параметров P_i на их значения $P_i^{k_i}$ и представление их в виде матриц-строк:

$$\begin{array}{c} \bigcirc [p_1^1, p_1^2, \dots, p_1^{k_1}] \\ [p_2^1, p_2^2, \dots, p_2^{k_2}] \\ \vdots \\ [p_n^1, p_n^2, \dots, p_n^{k_n}] \end{array}$$

Набор значений (по одному из каждой строки) различных параметров представляет собой возможный вариант решения задачи; например, вариант $\langle p_1^1, p_2^2, \dots, p_n^2 \rangle$ (как это выделено на матрице). Общее число вариантов, содержащихся в матрице, равно

$$R = K_1 * K_2, \dots, K_n = \prod_{i=1}^n K_i,$$

где K_i – число значений i – го параметра.

В общем случае

$$\forall i, j = \overline{1, n}: K_i \neq K_j (i \neq j).$$

В частном случае, когда $\forall i, j = \overline{1, n}: K_i = K_j (i \neq j)$, общее число вариантов определяется как число размещений с повторениями из K по n , то есть

$$R=K^n;$$

- 4) оценка всех имеющихся вариантов;
- 5) выбор наилучшего варианта.

Например, для изучения проблемы выбора ножа в таблице 1 приведен перечень признаков и альтернативных вариантов. Если из каждой строки этой двумерной матрицы взять по одному варианту, то получим некоторую конструкцию ножа. Так, для сочетания вариантов (1.1; 2.3; 3.3; 4.2; 5.1), где в каждой паре первая цифра обозначает номер строки, а вторая – номер столбца, получим конструкцию ножа: «лезвие из металла, рукоятка – пластмассовая, форма лезвия – треугольная, лезвие в чехле, дополнительная функция ножа – распиливание твердых тел».

Число возможных конструкций ножа в таблице 1 нетрудно подсчитать. Оно будет равно произведению чисел вариантов в каждой строке: $5 \times 5 \times 4 \times 3 \times 5 = 1500$, то есть поиск решения носит комбинаторный характер.

Следует иметь в виду, что для сокращения времени анализа этапы 3 и 4 могут быть совмещены, а явно неприемлемые варианты можно сразу исключить из рассмотрения на этапе 5. То есть, идею поиска наилучшего варианта решения можно охарактеризовать, как постепенно ограничиваемый перебор, который осуществляется, в том числе, и за счет введения и учета количественных, а потом (при прочих равных условиях) и качественных критериев.

Возможны следующие пути выбора решений из морфологической таблицы:

- применение одного критерия, полностью исключающего все варианты решений, кроме одного (рис.2а);
- последовательное применение нескольких критериев А, В, С постепенно исключающих все варианты кроме одного (рис.2б);
- расчленение проблемы на подпроблемы и последовательное применение нескольких критериев для выбора по одному варианту решения каждой из подпроблем, которые вместе взятые и составляют искомое решение.

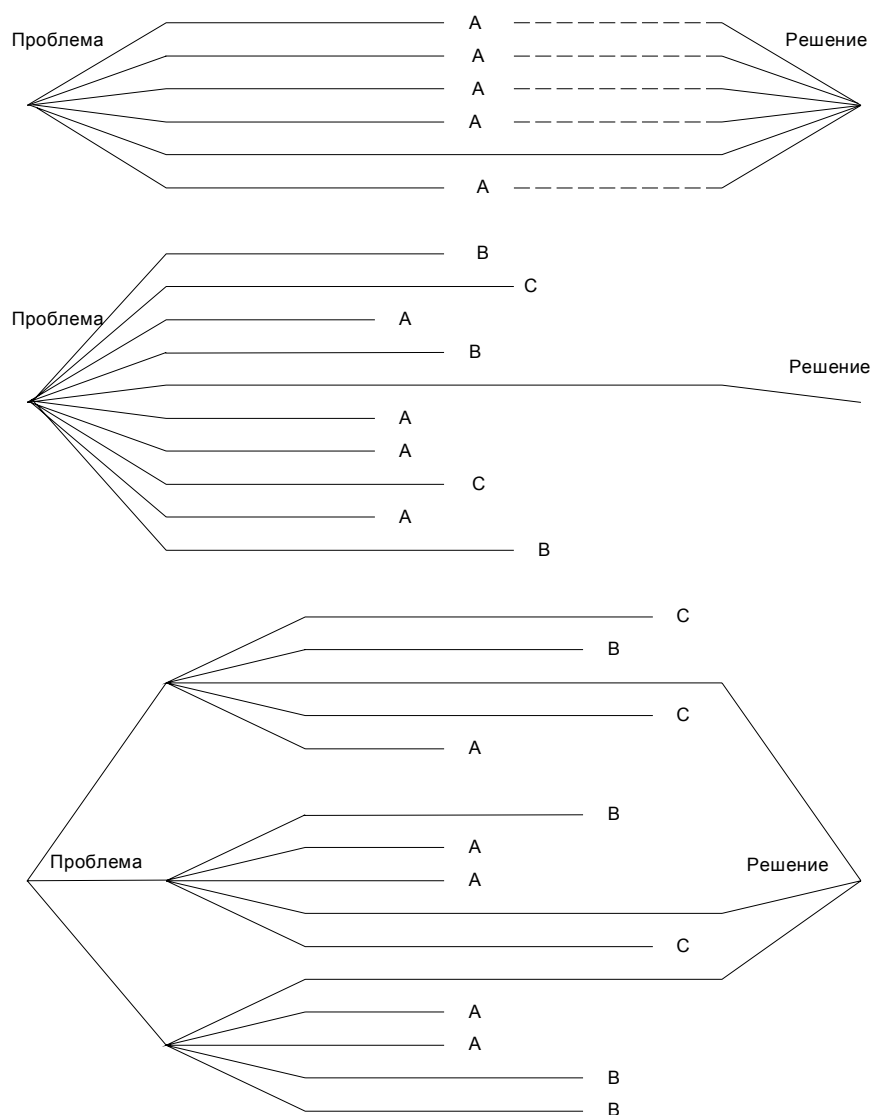


Рис. 2

Выводы.

1. При принятии решений в большинстве задач системного анализа совместно используются математические (формальные) и неформальные методы, приемы, основанные как на экспериментальных и эвристических подходах, мнении экспертов, так и на формализованных моделях.

2. Среди неформальных методов принятия решений наибольшее распространение получили методы "мозгового штурма", синектики, морфологического анализа, сценариев, дельфийский метод и другие.

3. Метод морфологического анализа, экспертные методы, по существу, могут считаться частично формализованными, поскольку для них разработаны специальные методики, регламентирующие процесс принятия решения.

Лекция 16 Программная инженерия в жизненном цикле программ- ных средств

Основы жизненного цикла программных средств

Термином *жизненный цикл* (ЖЦ) принято отражать совокупность процессов и этапов развития организмов живой природы, технических систем, продуктов производства от моментов зарождения или появления потребности их создания и использования до прекращения функционирования или применения. Это соответствует всеобщему закону развития любых изделий, событий или процессов между их началом и концом, которые определяют цикл их создания, существования и применения. Программы для вычислительных машин обычно являются компонентами жизненного цикла технических систем, но по своей природе значительно отличаются от аппаратурных, технических изделий, поэтому их жизненный цикл имеет характерные особенности, по сравнению с другими техническими объектами. Программы и данные в системах и вычислительных машинах являются наиболее *гибкими компонентами программной инженерии и подвержены изменениям* в течение всего их ЖЦ.

Типовая модель процессов жизненного цикла сложной системы начинается с концепции идеи системы или потребности в ней, охватывает проектирование, разработку, применение и сопровождение системы, и заканчивается снятием системы с эксплуатации. Программные средства служат для выполнения определенных *функций систем* на компьютерах. Модель жизненного цикла системы обычно разделяют на последовательные периоды реализации – *стадии или этапы*. Каждый подобный период включает основные реализуемые в нем процессы, работы и задачи, при завершении которых может потребоваться переход к следующему периоду реализации. Общую модель жизненного цикла сложной системы обычно разделяют на следующие основные этапы с последующей адаптацией каждого из них в модели *жизненного цикла конкретной системы*:

- определение потребностей;
- исследование и описание основных концепций;
- проектирование и разработка;
- испытания системы;
- создание и производство;
- распространение и продажа;
- эксплуатация;
- сопровождение и мониторинг;
- снятие с эксплуатации (утилизация).

По *особенностям и свойствам жизненного цикла* программ их целесообразно делить на ряд классов и категорий, из которых наиболее различающимися являются два крупных класса – *малые и большие*.

Первый класс составляют относительно небольшие программы, создаваемые одиночками или небольшими коллективами (3 –5) специалистов, которые:

- создаются преимущественно для получения конкретных результатов автоматизации научных исследований или для анализа относительно простых процессов самими разработчиками программ;
- не предназначены для массового тиражирования и распространения как программного продукта на рынке, их оценивают качественно и интуитивно преимущественно как “художественные произведения”;
- не имеют конкретного независимого заказчика-потребителя, определяющего требования к программам и их финансирование;
- не ограничиваются заказчиком допустимой стоимостью, трудоемкостью и сроками их создания, требованиями заданного качества и документирования;
- не подлежат независимому тестированию, гарантированию качества и/или сертификации.

Для таких, а также для многих других видов относительно не сложных программ, нет необходимости в регламентировании их жизненного цикла, в длительном применении и сопровождении множества версий, в формализации и применении профилей стандартов и сертификации качества программ. Их разработчики не знают и не применяют регламентирующих, нормативных документов, вследствие чего жизненный цикл таких изделий имеет *не предсказуемый характер* по структуре, содержанию, качеству и стоимости основных процессов “творчества”.

Второй класс составляют крупномасштабные комплексы программ для сложных систем управления и обработки информации, оформляемые в виде *программных продуктов* с гарантированным качеством, и отличаются следующими особенностями и свойствами их жизненного цикла:

- большая размерность, высокая трудоемкость и стоимость создания таких комплексов программ определяют необходимость тщательного анализа экономической эффективности всего их жизненного цикла и возможной конкурентоспособности на рынке;
- от заказчика, финансирующего проект программного средства и/или базы данных, разработчикам необходимо получать квалифицированные конкретные требования к функциям и характеристикам проекта и продукта, соответству-

ющие выделенному финансированию и квалификации исполнителей проекта;

- для организации и координации деятельности специалистов-разработчиков при наличии единой, крупной целевой задачи, создания и совершенствования программного продукта, необходимы квалифицированные менеджеры проектов;

- в проектах таких сложных программных средств и баз данных с множеством различных, функциональных компонентов, участвуют специалисты разной квалификации и специализации, от которых требуется высокая ответственность за качество результатов деятельности каждого из них;

- от разработчиков проектов требуются гарантии высокого качества, надежности функционирования и безопасности применения компонентов и поставляемых программных продуктов, в которые не допустимо прямое вмешательство заказчика и пользователей для изменений, не предусмотренных эксплуатационной документацией разработчиков;

- необходимо применять индустриальные, регламентированные стандартами процессы, этапы и документы, а также методы, методики и комплексы средства автоматизации, технологии обеспечения жизненного цикла комплексов программ.

Такие крупномасштабные комплексы программ **являются компонентами систем**, реализующими обычно их основные, функциональные свойства, увеличивающими сложность и создающими предпосылки для последующих изменений их жизненного цикла.

Реализация ЖЦ, методологии управления и изменения ПС зависит от многих факторов, от персонала, технических, организационных и договорных требований и сложности проекта. Множество текущих состояний и модификаций компонентов сложных ПС менеджерам необходимо упорядочивать, контролировать их развитие и применение участниками проекта.

Организованное, контролируемое и методичное отслеживание динамики изменений в жизненном цикле программ и данных, их слаженная разработка при строгом учете и контроле каждого изменения, является основой эффективного, поступательного развития каждой крупной системы **методами программной инженерии**.

Существует **множество моделей процессов жизненного цикла систем и программных средств**, но три из них **в международных стандартах** обычно квалифицируются как фундаментальные: каскадная; инкрементная; эволюционная. Каждая из указанных моделей может быть использована самостоятельно или скомбинирована с другими для создания гибридной модели жиз-

ненного цикла конкретного проекта. При этом конкретную модель жизненного цикла системы или ПС следует выбирать так, чтобы процессы и задачи были связаны между собой, и определены их взаимосвязи с предшествующими процессами, видами деятельности и задачами.

Каскадная модель жизненного цикла наиболее известна и применяется достаточно широко. Она по существу реализует принцип однократного выполнения каждого из базовых процессов и этапов в их естественных границах. На рис. 16.1 представлен **пример** этапов каскадной модели ЖЦ ПС, которая в последующих лекциях используется **как ориентир** при изложении процессов программной инженерии. При этом в лекциях акцентируется внимание на методах обеспечения качества программных продуктов и не отражено программирование модулей и компонентов, которое остается за границами программной инженерии. Связь между этапами показана только сверху вниз, тогда как в реальных процессах жизненного цикла следует учитывать возможность возврата на предшествующие этапы, снизу вверх для их уточнения и корректировки результатов.

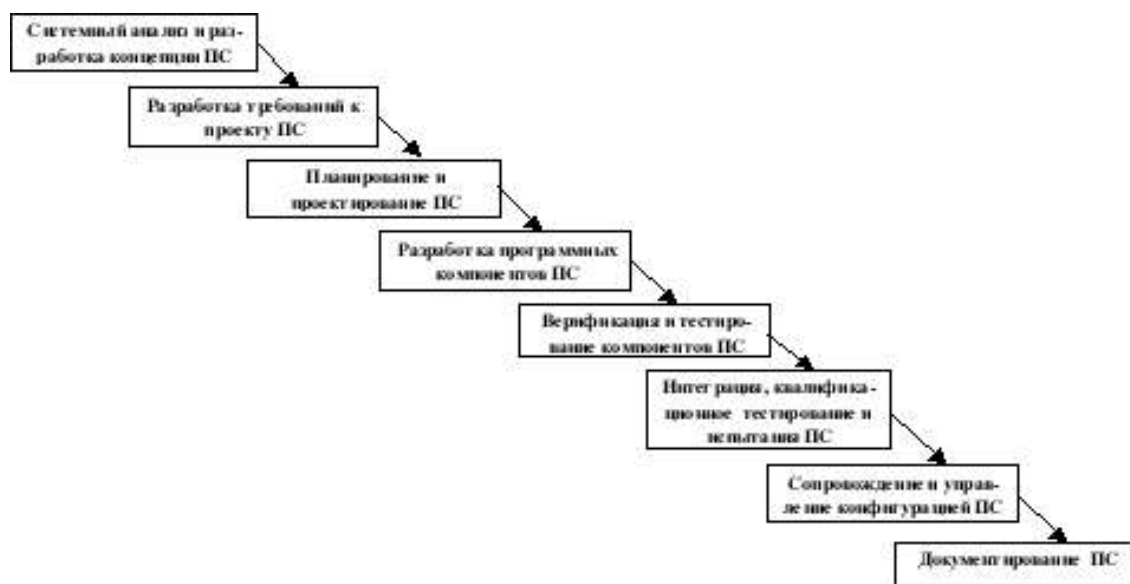


Рисунок 16.1

При применении этой модели для создания каждого программного компонента, соответствующие работы и задачи **процесса жизненного цикла** обычно выполняют последовательно. Однако они могут быть частично выполнены параллельно в случаях перекрытия последовательных работ.

Когда несколько компонентов разрабатывают одновременно, для них работы и задачи процесса разработки могут быть выполнены параллельно.

Процессы заказа и поставки, а также вспомогательные и организационные процессы выполняются параллельно с процессами разработки.

Процессы сопровождения и эксплуатации обычно реализуются после

процесса разработки.

Модель процессов жизненного цикла системы и степень её практического применения в качестве *обязательного или рекомендуемого документа* зависит от роли конкретного программного продукта в системе. Должна быть определена соответствующая модель жизненного цикла системы, в которой программный продукт становится её частью. Установление этого поможет определить, можно ли использовать конкретную модель для разработки, эксплуатации или сопровождения программного средства.

Программные средства могут быть постоянно (резидентно) размещены в компьютерах, встроены как часть программно-аппаратных средств или интегрированы в объект технических средств. В любом случае заказ, поставку, разработку, эксплуатацию или сопровождение программных средств необходимо координировать и гармонизировать с аналогичными процессами для всей исходной системы.

Для проекта системы должен быть проведен выбор одной или нескольких соответствующих моделей жизненного цикла. Необходимо установить, является ли модель жизненного цикла программного средства *составной частью* модели жизненного цикла системы либо полной моделью жизненного цикла ПС.

Каждая модель жизненного цикла содержит некоторые процессы, которые могут быть выполнены *последовательно, повторно или комбинированно*.

Процессы должны быть отображены в выбранной модели жизненного цикла, с точки зрения создания модифицируемого, развивающегося, структурированного и планируемого продукта, результаты одного процесса из модели жизненного цикла должны быть переданы следующему. В этом случае соответствующие документы должны быть созданы к окончанию определенного процесса, до начала следующей работы.

Должны быть *определены стороны (специалисты, предприятия)*, участвующие в проекте системы, и их *ответственность за конкретные процессы и результаты в ЖЦ*. Следует учесть все работы и задачи, связанные с взаимодействиями (интерфейсами) между этими сторонами.

Для большого проекта, в который вовлечено много лиц, необходим развитой административный надзор и контроль, проведение внутренних и независимых оценок, анализов, аудиторских проверок, инспекций и подготовка отчетов, являющихся главным инструментарием для большого проекта.

Современные предприятия *широко используют модели процессов жизненного цикла* в качестве составной части деятельности по определению и усовершенствованию процессов, связанных с программными средствами.

Применение стандартов жизненного цикла позволяет ориентироваться специалистам на построение систем и комплексов программ из крупных функциональных узлов, отвечающих требованиям стандартов, применять отработанные и проверенные проектные решения. Они определяют унифицированные интерфейсы взаимодействия компонентов таким образом, что разработчику системы, как правило, не требуется вдаваться в детали внутреннего устройства этих компонентов.

Стандарты, относящиеся к программным комплексам (функциональным частям) систем, облегчают повторное использование в новых системах готовых и апробированных программных продуктов.

Для унификации и регламентирования процессов ЖЦ ПС такие совокупности — **профили стандартов** должны адаптироваться и конкретизироваться применительно к определенным классам проектов, процессов и компонентов ПС.

Таким образом, разработка программного продукта, в значительной степени, может сводиться к интеграции и комплексированию из стандартизированных компонентов.

Методы и процессы стандартизации жизненного цикла ПС играют **стабилизирующую и организующую роль** во всем жизненном цикле многих сложных систем. Они обеспечивают:

- расширение и совершенствование функций систем и компонентов с сохранением их целостности и первичных затрат;
- систематическое повышение качества функционирования комплексов программ и баз данных для решения задач пользователей в различной внешней среде;
- улучшение технико-экономических характеристик применения систем и программных продуктов;
- совершенствование технологий обеспечения жизненного цикла сложных систем и комплексов программ.

Для этого при создании и сопровождении сложных, распределенных систем, формировании их архитектуры, при выборе стандартов для программных компонентов и их связей, целесообразно учитывать **ряд современных концептуальных требований программной инженерии и формирования их жизненного цикла**:

- архитектура комплекса программ должна соответствовать текущим и перспективным целям и стратегическим, функциональным задачам, создаваемой системы, быть достаточно гибкой и допускать относительно простое, без

коренных структурных изменений, развитие и наращивание функций и ресурсов системы в соответствии с расширением сфер и задач её применения;

- в структуре и компонентах ПС и системы следует предусматривать обеспечение максимально возможной сохранности инвестиций в аппаратные и программные средства, а также в базы данных при длительном развитии, сопровождении и модернизации системы;

- необходимо обеспечивать эффективное использование ресурсов в ЖЦ системы и минимизировать интегральные затраты на обработку данных в типовых режимах её функционирования с учетом эксплуатационных затрат и капитальных вложений в создание системы и программного продукта;

- должны быть обеспечены безопасность функционирования системы и надежная защита данных от ошибок, от разрушения или потери информации, а также авторизация пользователей, управление рабочей загрузкой, резервированием и оперативным восстановлением функционирования системы и программного продукта;

- для обеспечения перспективы развития жизненного цикла системы и комплекса программ целесообразно предусматривать возможность интеграции гетерогенных вычислительных компонентов и возможность переноса ПС и БД на различные аппаратные и операционные платформы на основе концепции и стандартов открытых систем;

- следует обеспечить комфортное обучение и максимально упрощенный доступ конечных пользователей к управлению и результатам функционирования системы и программного продукта на основе современных графических средств и наглядных пользовательских интерфейсов.

Наиболее актуальна **стандартизация процессов жизненного цикла** комплексов программ при коллективной разработке и сопровождении крупных **критических систем управления в реальном времени**, к которым предъявляются высокие требования к качеству. В этих случаях особенно необходимо четкое планирование и управление технологическими процессами их жизненного цикла.

Созданы или разрабатываются комплексы международных стандартов, в той или иной степени регламентирующие процессы проектирования, разработки, эксплуатации и сопровождения в ЖЦ программ и баз данных. Они обычно ориентированы на ПС, выполняющие важные функции в системах управления объектами, технологическими процессами или при обработке ответственной информации.

Применение таких стандартов полностью при создании и использовании

простых программ, узкого или экспериментального назначения (первого класса см. выше) не всегда может быть оправдано. Однако они определяют *современную культуру программной инженерии и стандартизации жизненного цикла комплексов программ высокого качества*.

2. Роль системотехники в программной инженерии

Система — это совокупность взаимодействующих компонентов, работающих совместно для достижения определенных целей. Определяющим признаком системы является то, что свойства и поведение системных компонентов влияют друг на друга сложным образом. Корректное функционирование каждого системного компонента зависит от функционирования многих других компонентов. Системы часто имеют иерархическую структуру, т.е. в качестве компонентов содержат другие системы (подсистемы).

Определяющее свойство подсистем заключается в том, что они могут функционировать самостоятельно, независимо от тех систем, в состав которых входят. Вместе с тем их поведение в составе конкретной системы зависит от взаимодействия с другими подсистемами.

Сложность взаимодействия между системными компонентами означает, что система не сводится просто к сумме её составных частей. Она имеет определенные свойства, которые присущи ей именно как *целостной системе*. Такие *интеграционные свойства* не могут быть свойствами отдельной части системы. Они проявляются тогда, когда система рассматривается как единое целое. Некоторые из этих свойств можно вывести из аналогичных свойств отдельных подсистем, но чаще они являются комплексным результатом взаимодействия подсистем и их невозможно оценить, исходя из анализа отдельных системных компонентов.

Системотехника — как *технология создания систем* охватывает все аспекты создания и модернизации сложных вычислительных комплексов, где программные продукты играют ведущую роль. Сюда можно отнести технологию разработки аппаратных средств, внутренних вычислительных процессов и связей всей системы, а также технологию создания ПС.

Инженеры системотехники на основе спецификации требований системы определяют её архитектуру и затем, собрав воедино её отдельные части, создают законченную систему.

По мере увеличения в системах роли программных компонентов методы программной инженерии все шире используются в процессе создания разнообразных систем. Системотехника, как технология создания систем, охватывает процессы создания спецификаций, проектирования, разработки, тестирования, внедрения и сопровождения систем *как единого целого*.

Системотехник, занимающийся разработкой вычислительных систем, не может быть сосредоточен только на программном комплексе, он должен уделять равное внимание программному средству, аппаратным средствам и средствам взаимодействия с пользователями и системным окружением.

Специалист по созданию программного продукта **должен понимать задачи и методы системотехники**, поскольку возникающие проблемы часто являются результатом решений, принятых системотехниками.

Программный менеджер и/или системный инженер должен быть знаком с несколькими способами проектирования, знать, **как перевести расплывчатые требования и пожелания заказчика в четкое техническое задание**, и уметь разговаривать с пользователем системы на языке предметной области, а не на профессиональном программистском жаргоне.

Такие способности требуют, в свою очередь, гибкости и открытости, чтобы ухватить сущность предметной области различных приложений и стать в ней специалистом.

Программный инженер должен обладать возможностью переходить от одного уровня абстракции к другому на разных стадиях проекта: от особых процедур и требований приложения к абстракциям программной системы, к специфике дизайна системы и, наконец, к уровню детального кодирования программ.

Неформальный подход, применяющийся к построению некоторых программ, недостаточен для разработки больших систем. Стоимость аппаратных средств постепенно снижается, тогда, как **стоимость программных продуктов стремительно возрастает**.

Возникла необходимость в новых технологиях и методах управления комплексными проектами разработки больших программных систем. Такие методы составили **программную инженерию**.

Возрастает как объем производства программного продукта, так и его сложность. Кроме того, сближение вычислительной и коммуникационной техники ставит новые требования перед специалистами.

Это также является одной из причин возникновения проблем при разработке программных систем, как и то, что многие компании, занимающиеся производством ПС, не уделяют должного внимания эффективному применению современных методов и стандартов, разработанных в программной инженерии.

Программная инженерия — как часть системотехники охватывает все аспекты **жизненного цикла ПС** от начальной стадии разработки системных требований до завершения использования программного продукта. При этом

специалисты выполняют практическую, инженерную работу. Они применяют теоретические построения, методы и средства там, где это необходимо, но делают это выборочно и всегда пытаются найти практическое решение задачи, даже если не существует подходящей теории или методов решения.

Инженеры всегда должны понимать, что они работают в организационных и финансовых рамках заключенных контрактов, и ищут решение поставленной перед ними задачи *с учетом условий контракта*.

Программная инженерия не рассматривает технические аспекты детального создания компонентов — в её ведение входят такие задачи, как управление проектами ПС и разработка средств, методов и теорий, необходимых для обеспечения жизненного цикла комплексов программ.

Программирование компонентов — это дело, главным образом, индивидуальное, а программная инженерия систем — всегда *коллективная работа*.

Программные средства все больше встраиваются в различные системы. Работа с такими проектами требует от программного инженера широкого взгляда на общие *задачи проектирования систем*.

Программному инженеру необходимо участвовать в выработке требований для всей системы, а также пытаться понять прикладную область ПС еще до начала обдумывания абстрактных интерфейсов, требованиям которых должен будет отвечать программный продукт.

Рассматривая программную инженерию *как часть системотехники*, обнаруживается *важность компромисса* как отличительного признака любой инженерной дисциплины. Существуют принципиальные трудности изменения масштаба при попытке привнести приемы написания малых программ в проектирование больших программных комплексов.

Разработчики проекта системы вынуждены тратить время на общение друг с другом, вместо того, чтобы писать программы. Иногда люди покидают проект, и это влияет не только на работу, выполняемую непосредственно ими, но и на работу тех, кто от них зависит.

Замена разработчика в проекте может требовать обучения и серьезнейшей подготовки нового специалиста для освоения им технических условий проекта и текущего состояния системы.

Любое изменение первоначальных требований к системе влияет на многие составные части проекта, выливаясь в дальнейшем в задержку поставки готового продукта.

Как в любой инженерной отрасли, программный инженер должен развивать умения, позволяющие построить набор моделей и оценить эти модели, управляя

выбором компромиссов. Такие модели используются на этапе определения требований к проектируемой системе, в разработке архитектуры программного средства и на стадии реализации проекта.

Программный инженер — это **член команды**, поэтому должен обладать навыками общения и межличностных отношений, а также уметь планировать не только свою работу, но и координировать её с работой других.

Специалист по программной инженерии должен знать системотехнику вычислительных систем, поскольку здесь программный компонент играет определяющую роль. Таким образом, технологии программной инженерии часто являются критическим фактором при разработке сложных вычислительных систем.

Интеграционные свойства систем проявляются только тогда, когда система рассматривается как единое целое. В этом состоит сложность прогнозирования и оценки её свойств, поскольку иногда можно измерить характеристики только подсистем, из которых состоит комплексная система.

Высокие темпы роста основных ресурсов аппаратных средств (приблизительно на порядок каждые пять лет), и сохраняющаяся потребность в увеличении их использования со стороны различных пользователей и сфер применения, приводят к необходимости **адекватного совершенствования технологий создания программных средств и баз данных**.

Лекция 17 Системные основы современных технологий программной инженерии

Основная цель современных технологий программной инженерии состоит в обеспечении эффективности всего жизненного цикла комплексов программ для ЭВМ в различных проблемно-ориентированных областях.

В понятие современной технологии включается совокупность методов и инструментальных средств автоматизации, а также технологические процессы, обеспечивающие жизненный цикл сложных ПС с заданными функциональными и конструктивными характеристиками качества. Для этого рекомендуется использовать наиболее эффективные и совершенные методы проектирования и проводить комплексную автоматизацию ЖЦ ПС.

Целеустремленная деятельность разработчиков-поставщиков должна быть направлена на удовлетворение требований заказчиков и пользователей программных продуктов при их применении по прямому назначению.

Эта деятельность регламентируется рядом методов и стандартов, которые являются компонентами технологического обеспечения сложных ПС в течение их жизненного цикла.

Их применение предполагает высокую дисциплину коллектива специалистов, использование им методик, стандартов, типовых нормативных документов и средств автоматизации разработки, которые регламентируют порядок организации и проведения работ по выполнению технологических операций, направленных на получение, в имеющихся организационно-технических условиях, готового **программного продукта с заданными функциями и качеством**.

Методической основой технологии, регламентирующей деятельность специалистов, является типовой технологический процесс. Он отражается набором этапов и операций в последовательности их выполнения и взаимосвязи, обеспечивающих ведения работ на всех стадиях от инициирования проекта и подготовки технического задания до завершения испытаний или применения версии ПС.

В современных технологиях объединяются методы непосредственной разработки программ и данных с методами обеспечения качества и организации управления их созданием с учетом технологических и человеческих факторов.

Индустриализация технологий программной инженерии **базируется на стандартизации процессов** разработки программ, их структурного построения и интерфейсов с операционной и внешней средой. Для этого с самого начала разработки должны определяться состав и этапы работ, необходимые для достижения конечной цели, а также требуемые для их выполнения ресурсы.

Технические и управленческие проверки, анализ качества результатов

промежуточных работ и компонентов, а также корректности их взаимосвязей должны обеспечивать руководителям и всем разработчикам уверенность достижения требуемого конечного результата проекта.

Достижение высоких значений качества комплексов программ существенно зависит от качества технологии и инструментальных средств, используемых разработчиками для обеспечения ЖЦ ПС.

Уровень автоматизации, качество технологии и средств, применяемых для поддержки процессов жизненного цикла ПС, обычно сильно коррелирован с качеством создаваемых комплексов программ, а также с качеством средств автоматизации для их оценивания.

Оценивание достоинств технологической базы ЖЦ позволяет прогнозировать возможное качество ПС и ориентировать заказчика и пользователей при выборе разработчика и поставщика для определенного проекта с требуемыми характеристиками.

Поэтому определение уровня технологической поддержки процессов жизненного цикла, организационного и инструментального обеспечения ПС, непосредственно *связано с оцениванием реальных или возможных характеристик качества* конкретного комплекса программ.

Значительные достижения в развитии и применении современных методов и технологии обеспечения *крупномасштабных проектов ПС* сосредоточены в методологии **СММ** (Capability Maturity Model – *система и модель для оценки зрелости*) комплекса технологических процессов жизненного цикла ПС, а также в её последующем развитии в **СММІ:2003**.

Она основана на формализации и использовании пяти уровней зрелости технологий поддержки ЖЦ ПС, которые также определяют потенциально возможное качество создаваемых на предприятии комплексов программ.

Чем выше уровень зрелости, тем выше статус предприятия среди поставщиков, доверие к его продукции, его конкурентоспособность, а также возможное качество программных продуктов.

Тем самым при выборе значений характеристик качества ПС можно в соответствующей степени доверять поставщику и предприятию разработчика, что они смогут полностью реализовать требования заказчика.

Эти уровни зрелости характеризуются степенью формализации, адекватностью измерения и документирования процессов и продуктов в ЖЦ ПС, полнотой применения стандартов и инструментальных средств автоматизации работ, наличием и глубиной реализации функций системой качества технологических процессов и их результатов.

Методология обеспечения качества ПС в программной инженерии поддержана рядом методических документов и инструментальных средств, а также формализована комплексом международных стандартов (см. Приложение 1). Внедрение комплекса требует больших усилий и затрат, что ограничило его массовое использование для относительно простых и средней сложности проектов. Концептуальные и организационные основы административного управления жизненным циклом и качеством ПС в системе **СММ**, а также **СММІ:2003**, определены в **восьми базовых принципах**, которые декларированы в стандартах **ISO 9000:2000** и **ISO 15504:1-9**.

Принцип 1: ориентация предприятия-разработчика на потребителя-заказчика. “Предприятия зависят от своих потребителей и, таким образом, должны понимать текущие и будущие потребности потребителей-заказчиков, удовлетворять их требования и стремиться превзойти их ожидания”.

Принцип 2: лидерство-руководство. “Лидеры обеспечивают единство назначения и направления деятельности предприятия. Они должны создавать и поддерживать внутреннюю окружающую среду, в которой специалисты могут в полной мере участвовать в достижении стратегических целей предприятия”.

Принцип 3: вовлечение персонала. “Люди составляют сущность предприятия на всех уровнях, и их полноценное участие в деятельности способствует применению их способностей на благо целей предприятия”.

Принцип 4: процессный подход. “Желаемый результат достигается более эффективно, когда требуемые ресурсы и деятельность специалистов предприятия управляются как единый связанный процесс”.

Принцип 5: системный подход к административному управлению. “Выявление и понимание задач и административное управление системой взаимосвязанных процессов для заданной стратегической цели, повышает эффективность и результативность предприятия”.

Принцип 6: постоянное совершенствование. “Непрерывное совершенствование процессов и повышение качества продукции должно быть постоянной стратегической целью предприятия и его специалистов”.

Принцип 7: подход к принятию решений основанный на фактах. “Эффективные решения должны базироваться на анализе только реальных данных и достоверной информации”.

Принцип 8: взаимовыгодные отношения с поставщиками. “Предприятие-пользователь и его поставщики-разработчики взаимозависимы, и взаимовыгодные отношения между ними повышают способность обоих производить качественную продукцию”.

В стандарте **ISO 15504** каждый из приведенных принципов прокомментирован комплексом действий, необходимых для их реализации в проектах. Выполнение этих принципов способствует повышению управленческой культуры, применению системы административного управления качеством во всех видах деятельности предприятий и, как следствие, обеспечению высокого качества и конкурентоспособности создаваемой продукции, проектов и систем. *Эти принципы рекомендуется применять при:*

- формулировке политики и стратегии обеспечения всего ЖЦ ПС;
- выборе целей проекта, требований и характеристик качества ПС, непосредственно связанных с потребностями и ожиданиями заказчиков и потребителей;
- управлении операциями в процессе реализации проекта и для удовлетворения требований заказчика и потребителей;
- управлении людскими ресурсами предприятия для обеспечения ЖЦ ПС и его качества.

Описание процессов ЖЦ ПС в **СММ** сфокусировано на поэтапном определении реально достигаемых результатов и на оценивании качества их выполнения. Качество процессов зависит от технологической среды, в которой они выполняются. *Зрелость процессов* — это степень их управляемости, возможность поэтапной количественной оценки качества, контролируемость и эффективность результатов. Модель зрелости предприятия представляет собой методический нормативный документ, определяющий правила создания и функционирования системы управления жизненным циклом ПС, методы постепенного повышения культуры и качества производства. Рост зрелости обеспечивает потенциальную возможность возрастания эффективности и согласованности использования процессов создания, сопровождения и оценивания качества компонентов и ПС в целом. Реальное использование регламентированных процессов предполагает их документирование и поэтапный контроль характеристик качества ПС. На предприятиях, достигших высокого уровня зрелости, формализованные процессы ЖЦ ПС должны принимать статус стандарта, фиксироваться в организационных структурах и определять производственную тактику и стратегию корпоративной культуры производства и системы обеспечения качества программного продукта.

В современных автоматизированных технологиях программной инженерии, создания и совершенствования сложных ПС, с позиции обеспечения их качества можно выделить *методы и средства, позволяющие:*

- создавать программные модули и функциональные *компоненты*

высокого, гарантированного качества;

- **предотвращать дефекты проектирования** за счет систем обеспечения качества, эффективных технологий и инструментальных средств автоматизации всего жизненного цикла комплексов программ и баз данных;
- **обнаруживать и устранять различные дефекты и ошибки** проектирования, разработки и сопровождения программ путем верификации и систематического тестирования на всех этапах жизненного цикла ПС;
- **удостоверять достигнутые значения качества функционирования** программных продуктов в процессе их испытаний и сертификации перед передачей в регулярную эксплуатацию пользователям.

Комплексное, скоординированное применение этих методов и средств в процессе создания, развития и применения ПС позволяет исключать многие виды дефектов или значительно ослаблять их влияние. Тем самым уровень достигаемого качества программных продуктов становится предсказуемым и управляемым, **непосредственно зависящим от ресурсов**, выделяемых на его достижение, а главное, от системы качества и эффективности технологии, используемых на всех этапах жизненного цикла ПС. Эти ресурсы требуются на технологические средства в ЖЦ ПС:

- на приобретение или создание технологии и инструментальных средств, применяемых для обеспечения требуемого качества всего жизненного цикла ПС;
- на эксплуатацию и непосредственное применение технологии в процессе обеспечения ЖЦ ПС;
- на создание технологии и инструментальных средств для испытаний и оценивания характеристик качества программного средства;
- на выполнение измерений достигнутых значений характеристик качества ПС.

Улучшение технико-экономических показателей создания ПС, а также предотвращение ошибок и дефектов обеспечивается применением современных технологий программной инженерии и систем автоматизированного проектирования. Они представляют собой высокопроизводительные, ресурсосберегающие технологии создания комплексов программ высокого качества и надежности, имеют целью сокращение общих затрат на проектирование, реализацию, сопровождение и совершенствование ПС.

Для этого, прежде всего, необходимо применять методы и средства системного анализа и проектирования, обеспечивающие конкретизацию и максимально точное представление целей, назначения и функций с начала ЖЦ ПС и

предотвращающие распространение возможных системных дефектов на последующие этапы разработки.

Такие *технологии программной инженерии* позволяют исключать или значительно снижать уровень системных, алгоритмических и программных ошибок в программных продуктах, передаваемых на эксплуатацию. Кроме того, они эффективны при модификации и сопровождении ПС, а также при изменении конфигурации внешней среды.

Для обнаружения, устранения ошибок и дефектов все этапы разработки и сопровождения ПС должны быть поддержаны *методами и средствами верификации, а также систематического, автоматизированного тестирования корректности реализованных решений*. На этапах разработки ПС целесообразно применять различные методы, эталоны и виды тестирования, каждый из которых ориентирован на обнаружение, локализацию или диагностику определенных типов дефектов.

Непредсказуемость конкретных дефектов и ошибок в программах приводит к целесообразности последовательного, методичного анализа возможности проявления любого типа ошибок и их исключения на наиболее ранних этапах разработки при минимальных затратах.

Для тестирования необходимы достаточно полные эталоны, такие как совокупность требований технического задания и поэтапная их декомпозиция в спецификациях. Существенная особенность тестирования сложных ПС состоит в потребности их проверки при ограниченной длительности испытаний. Для этого целесообразно тщательное *планирование тестирования* с учетом всех результатов, полученных на этапах жизненного цикла.

При планировании основная задача состоит в достижении максимальной достоверности испытаний и определения качества ПС при ограничении допустимых затрат ресурсов.

При применении импортных компонентов системное проектирование и обеспечение качества программных продуктов следует учитывать, что, в принципе, в них возможны как злоумышленные, так и случайные, непредумышленные дефекты вычислительного процесса, программ и данных, отражающиеся на качестве их функционирования.

Злоумышленные вирусы и/или “закладки”, хотя и маловероятны, в серийных, широко тиражируемых в мире программных продуктах, однако требуются особые методы и средства для целенаправленного их обнаружения и устранения.

Зарубежным специалистам свойственно ошибаться, так же, как и отече-

ственным, однако более высокое качество используемых технологий разработки и современная проектировочная культура позволяют значительно снижать уровень случайных дефектов в программных продуктах, поступающих на рынок. Однако ***в любых сложных импортных ПС всегда не гарантировано полное, абсолютное отсутствие случайных ошибок и дефектов***, которые могут быть важнейшими дестабилизирующими факторами проектов. Их применение в критических отечественных системах требует соответствующего дополнительного контроля качества и специальных работ по обеспечению надежности и безопасности при проектировании и эксплуатации.

Комплексирование готовых импортных ПС и компонентов при проектировании конкретной отечественной системы создает ***условия их функционирования не всегда адекватные*** предусмотренным разработчиками и проверенным при испытаниях, хотя, может быть, и не выходящие за пределы требований эксплуатационной документации. Это способствует проявлению ранее скрытых дефектов и ошибок, и вызывает необходимость их устранения. Для этого ответственные и квалифицированные поставщики зарубежных программных продуктов имеют службы сопровождения, регистрации и накопления претензий пользователей и быстрого реагирования для устранения реальных дефектов функционирования. Легальная закупка и использование лицензионно чистых программных продуктов, обеспеченных сопровождением фирмы-поставщика, позволяет в значительной степени снижать влияние на качество функционирования ПС дефектов, не предотвращенных в процессе их создания.

Состояние экономики и промышленности страны все больше зависит ***от качества*** сложных информационных систем и их важнейшей, интеллектуальной части – программных продуктов, применяемых для управления в экономике, социальной сфере, системах вооружения и других областях. В связи с этим ***стратегической задачей*** стало обеспечение высокого качества отечественных программных продуктов при их массовой разработке и поставке для различных сфер применения в стране и на мировом рынке. Для ***конкурентоспособности в мире сложных программных продуктов*** и возможности их успешного экспорта они должны быть сертифицированы и соответствовать требованиям международных стандартов.

Для ***удостоверения качества, надежности и безопасности применения*** сложных, критических систем, используемые в них программные продукты, следует подвергать ***сертификации*** аттестованными, проблемно-ориентированными испытательными центрами. Такие испытания необходимо проводить, когда программы управляют сложными процессами или обрабаты-

вают столь важную информацию, что дефекты в них или недостаточное качество могут нанести значительный ущерб. Сертификационные испытания должны устанавливать соответствие комплексов программ документации и допускать их к эксплуатации в пределах изменения параметров внешней среды, исследованных при проведенных проверках. Эти виды испытаний характеризуются наибольшей строгостью и глубиной проверок и должны проводиться специалистами, независимыми от разработчиков и от заказчиков (пользователей).

Основой сертификации должны быть детальные и эффективные Программы и методики испытаний комплексов программ на соответствие требованиям заказчиков, специально разработанные тестовые задачи и генераторы для их формирования, а также высокая квалификация и авторитет испытателей. Применение на предприятиях-разработчиках программных продуктов, сертифицированных *систем качества и профилей международных стандартов* на базе требований **ISO 9001:2000** и/или **CMMI:2003**, гарантирует высокое, устойчивое управление качеством процессов и продуктов их жизненного цикла, а также позволяет во многих случаях облегчать сертификацию конечного программного продукта. Поэтому заказчики сложных программных проектов должны *выбирать подрядчиков-исполнителей, имеющих сертификаты, удостоверяющие применение ими систем гарантирования качества* на основе адаптированных профилей международных стандартов.

Пробелы в обучении методам программной инженерии оставляют широкое поле для произвола специалистов при оценивании качества их труда, а также для появления многочисленных дефектов и ошибок в проектах ПС. Возрастание сложности и ответственности современных задач, решаемых программами, а также возможного ущерба от недостаточного качества их результатов, значительно повысило актуальность освоения методов полного, стандартизированного описания требований к характеристикам качества и способов измерения их реальных значений на различных этапах ЖЦ ПС. Резко возросла необходимость знаний специалистами понятий, определений и способов оценивания характеристик качества программных продуктов.

Многие отечественные специалисты в области программных средств привыкли видеть в стандартах рутину, сковывающую их “творчество”. Быстрое усложнение и рост размеров комплексов программ приводит к созданию *крупных программистских коллективов* с профессиональным разделением труда, в которых необходимо регламентирование координированной деятельности групп специалистов над единым проектом. Обещания разработчиков в контрактах с заказчиками создать высококачественные программы в согласованные сроки во многих случаях не выполняются, как вследствие различий в понимании ими требуемого качества, так и вследствие неумения оценить ресурсы, необходи-

мых для достижения высокого качества программ. В результате качество программной продукции зачастую остается низким, неподдающимся достоверной оценке и не конкурентоспособным на международном рынке. Поэтому важнейшей проблемой развития и применения современных систем, является ***обучение и воспитание специалистов в области программной инженерии***, использованию международных стандартов, способствующих высокому качеству ПС и достоверному его оцениванию. Необходимо их обучение умению формализовать требования и достигать конкретные значения характеристик качества функционирования и применения сложных комплексов программ, с учетом тех ресурсов, которые нужны и доступны для обеспечения и совершенствования этого качества.

Лекция 18 Жизненный цикл программного изделия и его критичные этапы

В основе деятельности по созданию и использованию ПО лежит понятие его жизненного цикла (ЖЦ). ЖЦ является моделью создания и использования ПО, отражающей его различные состояния, начиная с момента возникновения необходимости в данном программном изделии и заканчивая моментом его полного выхода из употребления у всех пользователей.

Традиционно выделяют следующие основные этапы ЖЦ ПО:

- ☐ Анализ требований;
- ☐ Проектирование;
- ☐ Кодирование (программирование);
- ☐ Тестирование и отладка;
- ☐ Эксплуатация и сопровождение.

ЖЦ образуется в соответствии с принципом нисходящего проектирования и, как правило, носит итерационный характер: реализованные этапы, начиная с самых ранних, циклически повторяются в соответствии с изменениями требований и внешних условий, введением ограничений и т.п. На каждом этапе ЖЦ порождается определенный набор документов и технических решений, при этом для каждого этапа исходными являются документы и решения, полученные на предыдущем этапе. Каждый этап завершается верификацией порожденных документов и решений с целью проверки их соответствия исходным.

Существующие модели ЖЦ определяют порядок исполнения этапов в ходе разработки, а также критерии перехода от этапа к этапу. В соответствии с этим наибольшее распространение получили три следующие модели:

1) **КАСКАДНАЯ МОДЕЛЬ** - предполагает переход на следующий этап после полного окончания работ по предыдущему этапу.

Каскадная модель жизненного цикла наиболее известна и применяется достаточно широко. Она по существу реализует принцип однократного выполнения каждого из базовых процессов и этапов в их естественных границах. На рис. 1 представлен **пример** этапов каскадной модели ЖЦ ПС, которая в последующих лекциях используется **как ориентир** при изложении процессов программной инженерии. При этом в лекциях акцентируется внимание на методах обеспечения качества программных продуктов и не отражено программирование модулей и компонентов, которое остается за границами программной инженерии. Связь между этапами показана только сверху вниз, тогда как в реальных процессах жизненного цикла следует учитывать возможность возврата на предшествующие этапы, снизу вверх для их уточнения и корректировки ре-

зультатов.

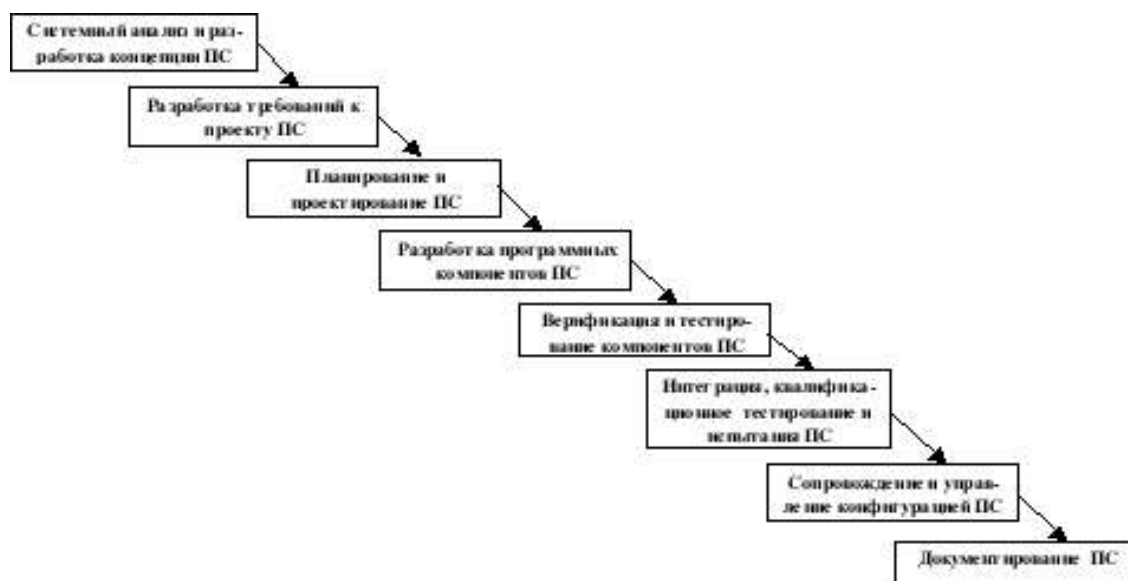


Рисунок 1

При применении этой модели для создания каждого программного компонента, соответствующие работы и задачи **процесса жизненного цикла** обычно выполняют последовательно. Однако они могут быть частично выполнены параллельно в случаях перекрытия последовательных работ. Когда несколько компонентов разрабатывают одновременно, для них работы и задачи процесса разработки могут быть выполнены параллельно. Процессы заказа и поставки, а также вспомогательные и организационные процессы выполняются параллельно с процессами разработки. Процессы сопровождения и эксплуатации обычно реализуются после процесса разработки.

2) ПОЭТАПНАЯ МОДЕЛЬ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ КОНТРОЛЕМ - итерационная модель разработки ПО с циклами обратной связи между этапами. Преимущество такой модели заключается в том, что межэтапные корректировки обеспечивают меньшую трудоемкость по сравнению с каскадной моделью; с другой стороны, время жизни каждого из этапов растягивается на весь период разработки.

3) СПИРАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ - делает упор на начальные этапы ЖЦ: анализ требований, проектирование спецификаций, предварительное и детальное проектирование. На этих этапах проверяется и обосновывается реализуемость технических решений путем создания прототипов. Каждый виток спирали соответствует поэтапной модели создания фрагмента или версии программного изделия, на нем уточняются цели и характеристики проекта, определяется его качество, планируются работы следующего витка спирали. Таким образом, углубляются и последовательно конкретизируются детали проекта и в результате выбирается обоснованный вариант, который доводится до реализации.

Можно отметить следующие преимущества спиральной модели:

- ☐ Накопление и повторное использование программных средств, моделей и прототипов;
- ☐ Ориентация на развитие и модификацию ПО в процессе его проектирования;
- ☐ Анализ риска и издержек в процессе проектирования.

Главная особенность индустрии ПО состоит в концентрации сложности на начальных этапах ЖЦ (анализ, проектирование) при относительно невысокой сложности и трудоемкости последующих этапов. Более того, нерешенные вопросы и ошибки, допущенные на этапах анализа и проектирования, порождают на последующих этапах трудные, часто неразрешимые проблемы и, в конечном счете, приводят к неуспеху всего проекта. Рассмотрим эти этапы более подробно.

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ является первой фазой разработки ПО, на которой требования заказчика уточняются, формализуются и документируются. Фактически на этом этапе дается ответ на вопрос: **"Что должна делать будущая система?"**.

Список требований к разрабатываемой системе должен включать:

- ☐ Совокупность условий, при которых предполагается эксплуатировать будущую систему (аппаратные и программные ресурсы, предоставляемые системе; внешние условия ее функционирования; состав людей и работ, имеющих к ней отношение);
- ☐ Описание выполняемых системой функций;
- ☐ Ограничения в процессе разработки (директивные сроки завершения отдельных этапов, имеющиеся ресурсы, организационные процедуры и мероприятия, обеспечивающие защиту информации).

Целью анализа является преобразование общих, неясных знаний о требованиях к будущей системе в точные (по возможности) определения. На этом этапе определяются:

- ☐ Архитектура системы, ее функции, внешние условия, распределение функций между аппаратурой и ПО;
- ☐ Интерфейсы и распределение функций между человеком и системой;
- ☐ Требования к программным и информационным компонентам ПО, необходимые аппаратные ресурсы, требования к БД, физические характеристики

ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ дает ответ на вопрос **"Как (каким образом) система будет удовлетворять предъявленным к ней требованиям?"**. Задачей этого этапа является исследование структуры системы и логических взаи-

мосвязей ее элементов, причем здесь не рассматриваются вопросы, связанные с реализацией на конкретной платформе. Проектирование определяется как "(итерационный) процесс получения логической модели системы вместе со строго сформулированными целями, поставленными перед нею, а также написания спецификаций физической системы, удовлетворяющей этим требованиям". Обычно этот этап разделяют на два подэтапа:

- Проектирование архитектуры ПО, включающее разработку структуры и интерфейсов компонент, согласование функций и технических требований к компонентам, методам и стандартам проектирования, производство отчетных документов;

- Детальное проектирование, включающее разработку спецификаций каждой компоненты, интерфейсов между компонентами, разработку требований к тестам и плана интеграции компонент.

В результате деятельности на этапах анализа и проектирования должен быть получен проект системы, содержащий достаточно информации для реализации системы на его основе в рамках бюджета выделенных ресурсов и времени.

Идеи, лежащие в основе структурных методов

Методы структурного анализа и проектирования стремятся преодолеть сложность больших систем путем расчленения их на части ("черные ящики") и иерархической организации этих черных ящиков. Выгода в использовании черных ящиков заключается в том, что их пользователю не требуется знать, как они работают, необходимо знать лишь его входы и выходы, а также его назначение (т.е. функцию, которую он выполняет).

В окружающем нас мире черные ящики встречаются в большом количестве. Проиллюстрируем преимущества систем, составленных из них, на примере музыкального центра.

- *Конструирование системы черных ящиков существенно упрощается.* Намного легче разработать магнитофон или проигрыватель, если не беспокоиться о создании встроенного усилительного блока.

- *Облегчается тестирование таких систем.* Если появляется плохой звук одной из колонок, можно поменять колонки местами. Если неисправность переместилась с колонкой, то именно она подлежит ремонту; если нет, тогда проблема в усилителе, магнитофоне или местах их соединения.

- *Имеется возможность простого реконфигурирования системы черных ящиков.* Если колонка неисправна, то Вы можете отправить ее в ремонтную мастерскую, а сами пока продолжать слушать свои записи в монорежиме.

□ *Облегчается доступность для понимания и освоения.* Можно стать специалистом по магнитофонам без углубленных знаний о колонках.

□ *Увеличивается удобство при модификации.* Вы можете приобрести колонки более высокого качества и более мощный усилитель, но это совсем не означает, что Вам необходим больших размеров проигрыватель.

Таким образом, первым шагом упрощения сложной системы является ее разбиение на черные ящики, при этом такое разбиение должно удовлетворять следующим критериям:

□ каждый черный ящик должен реализовывать единственную функцию системы;

□ функция каждого черного ящика должна быть легко понимаема независимо от сложности ее реализации (например, в системе управления ракетой может быть черный ящик для расчета места ее приземления: несмотря на сложность алгоритма, функция черного ящика очевидна - "расчет точки приземления");

□ связь между черными ящиками должна вводиться только при наличии связи между соответствующими функциями системы (например, в бухгалтерии один черный ящик необходим для расчета общей заработной платы служащего, а другой для расчета налогов - необходима связь между этими черными ящиками: размер заработной платы требуется для расчета налогов);

□ связи между черными ящиками должны быть простыми, насколько это возможно, для обеспечения независимости между ними.

Второй важной идеей, лежащей в основе структурных методов, является идея иерархии. Для того, чтобы понять сложную систему недостаточно разбить ее на части, необходимо эти части организовать определенным образом, а именно в виде иерархических структур. Все сложные системы Вселенной организованы в иерархии. Да и сама она включает галактики, звездные системы, планеты, ..., молекулы, атомы, элементарные частицы. Человек при создании сложных систем также подражает природе. Любая организация имеет директора, заместителей по направлениям, иерархию руководителей подразделений, рядовых служащих.

Наконец, третий момент: структурные методы широко используют графические нотации, также служащие для облегчения понятия сути сложных систем. Известно, что "одна картинка стоит тысячи слов".

Основы жизненного цикла программных средств

Термином *жизненный цикл* (ЖЦ) принято отражать совокупность процессов и этапов развития организмов живой природы, технических систем,

продуктов производства от моментов зарождения или появления потребности их создания и использования до прекращения функционирования или применения. Это соответствует всеобщему закону развития любых изделий, событий или процессов между их началом и концом, которые определяют цикл их создания, существования и применения. Программы для вычислительных машин обычно являются компонентами жизненного цикла технических систем, но по своей природе значительно отличаются от аппаратурных, технических изделий, поэтому их жизненный цикл имеет характерные особенности, по сравнению с другими техническими объектами. Программы и данные в системах и вычислительных машинах являются наиболее *гибкими компонентами программной инженерии и подвержены изменениям* в течение всего их ЖЦ.

Типовая модель процессов жизненного цикла сложной системы начинается с концепции идеи системы или потребности в ней, охватывает проектирование, разработку, применение и сопровождение системы, и заканчивается снятием системы с эксплуатации. Программные средства служат для выполнения определенных *функций систем* на компьютерах. Модель жизненного цикла системы обычно разделяют на последовательные периоды реализации – *стадии или этапы*. Каждый подобный период включает основные реализуемые в нем процессы, работы и задачи, при завершении которых может потребоваться переход к следующему периоду реализации. Общую модель жизненного цикла сложной системы обычно разделяют на следующие основные этапы с последующей адаптацией каждого из них в модели *жизненного цикла конкретной системы*:

- определение потребностей;
- исследование и описание основных концепций;
- проектирование и разработка;
- испытания системы;
- создание и производство;
- распространение и продажа;
- эксплуатация;
- сопровождение и мониторинг;
- снятие с эксплуатации (утилизация).

По *особенностям и свойствам жизненного цикла* программ их целесообразно делить на ряд классов и категорий, из которых наиболее различающимися являются два крупных класса – *малые и большие*.

Первый класс составляют относительно небольшие программы, создаваемые одиночками или небольшими коллективами (3 –5) специалистов, которые:

- создаются преимущественно для получения конкретных результатов автоматизации научных исследований или для анализа относительно простых процессов самими разработчиками программ;
- не предназначены для массового тиражирования и распространения как программного продукта на рынке, их оценивают качественно и интуитивно преимущественно как “художественные произведения”;
- не имеют конкретного независимого заказчика-потребителя, определяющего требования к программам и их финансирование;
- не ограничиваются заказчиком допустимой стоимостью, трудоемкостью и сроками их создания, требованиями заданного качества и документирования;
- не подлежат независимому тестированию, гарантированию качества и/или сертификации.

Для таких, а также для многих других видов относительно не сложных программ, нет необходимости в регламентировании их жизненного цикла, в длительном применении и сопровождении множества версий, в формализации и применении профилей стандартов и сертификации качества программ. Их разработчики не знают и не применяют регламентирующих, нормативных документов, вследствие чего жизненный цикл таких изделий имеет ***не предсказуемый характер*** по структуре, содержанию, качеству и стоимости основных процессов “творчества”.

Второй класс составляют крупномасштабные комплексы программ для сложных систем управления и обработки информации, оформляемые в виде ***программных продуктов*** с гарантированным качеством, и отличаются следующими особенностями и свойствами их жизненного цикла:

- большая размерность, высокая трудоемкость и стоимость создания таких комплексов программ определяют необходимость тщательного анализа экономической эффективности всего их жизненного цикла и возможной конкурентоспособности на рынке;
- от заказчика, финансирующего проект программного средства и/или базы данных, разработчикам необходимо получать квалифицированные конкретные требования к функциям и характеристикам проекта и продукта, соответствующие выделенному финансированию и квалификации исполнителей проекта;
- для организации и координации деятельности специалистов-разработчиков при наличии единой, крупной целевой задачи, создания и совершенствования программного продукта, необходимы квалифицированные менеджеры проектов;

- в проектах таких сложных программных средств и баз данных с множеством различных, функциональных компонентов, участвуют специалисты разной квалификации и специализации, от которых требуется высокая ответственность за качество результатов деятельности каждого из них;
- от разработчиков проектов требуются гарантии высокого качества, надежности функционирования и безопасности применения компонентов и поставляемых программных продуктов, в которые не допустимо прямое вмешательство заказчика и пользователей для изменений, не предусмотренных эксплуатационной документацией разработчиков;
- необходимо применять индустриальные, регламентированные стандартами процессы, этапы и документы, а также методы, методики и комплексы средства автоматизации, технологии обеспечения жизненного цикла комплексов программ.

Такие крупномасштабные комплексы программ **являются компонентами систем**, реализующими обычно их основные, функциональные свойства, увеличивающими сложность и создающими предпосылки для последующих изменений их жизненного цикла. Реализация ЖЦ, методологии управления и изменения ПС зависит от многих факторов, от персонала, технических, организационных и договорных требований и сложности проекта. Множество текущих состояний и модификаций компонентов сложных ПС менеджерам необходимо упорядочивать, контролировать их развитие и применение участниками проекта. Организованное, контролируемое и методичное отслеживание динамики изменений в жизненном цикле программ и данных, их слаженная разработка при строгом учете и контроле каждого изменения, является основой эффективного, поступательного развития каждой крупной системы **методами программной инженерии**.

Существует **множество моделей процессов жизненного цикла систем и программных средств**, но три из них **в международных стандартах** обычно квалифицируются как фундаментальные: каскадная; инкрементная; эволюционная. Каждая из указанных моделей может быть использована самостоятельно или скомбинирована с другими для создания гибридной модели жизненного цикла конкретного проекта. При этом конкретную модель жизненного цикла системы или ПС следует выбирать так, чтобы процессы и задачи были связаны между собой, и определены их взаимосвязи с предшествующими процессами, видами деятельности и задачами.

Модель процессов жизненного цикла системы и степень её практического

применения в качестве **обязательного или рекомендуемого документа** зависит от роли конкретного программного продукта в системе. Должна быть определена соответствующая модель жизненного цикла системы, в которой программный продукт становится её частью. Установление этого поможет определить, можно ли использовать конкретную модель для разработки, эксплуатации или сопровождения программного средства. Программные средства могут быть постоянно (резидентно) размещены в компьютерах, встроены как часть программно-аппаратных средств или интегрированы в объект технических средств. В любом случае заказ, поставку, разработку, эксплуатацию или сопровождение программных средств необходимо координировать и гармонизировать с аналогичными процессами для всей исходной системы.

Для проекта системы должен быть проведен выбор одной или нескольких соответствующих моделей жизненного цикла. Необходимо установить, является ли модель жизненного цикла программного средства **составной частью** модели жизненного цикла системы либо полной моделью жизненного цикла ПС. Каждая модель жизненного цикла содержит некоторые процессы, которые могут быть выполнены **последовательно, повторно или комбинированно**. Процессы должны быть отображены в выбранной модели жизненного цикла, с точки зрения создания модифицируемого, развивающегося, структурированного и планируемого продукта, результаты одного процесса из модели жизненного цикла должны быть переданы следующему. В этом случае соответствующие документы должны быть созданы к окончанию определенного процесса, до начала следующей работы.

Должны быть **определены стороны (специалисты, предприятия)**, участвующие в проекте системы, и их **ответственность за конкретные процессы и результаты в ЖЦ**. Следует учесть все работы и задачи, связанные с взаимодействиями (интерфейсами) между этими сторонами. Для большого проекта, в который вовлечено много лиц, необходим развитой административный надзор и контроль, проведение внутренних и независимых оценок, анализов, аудиторских проверок, инспекций и подготовка отчетов, являющихся главным инструментарием для большого проекта.

Современные предприятия **широко используют модели процессов жизненного цикла** в качестве составной части деятельности по определению и усовершенствованию процессов, связанных с программными средствами. Применение стандартов жизненного цикла позволяет ориентироваться специалистам на построение систем и комплексов программ из крупных функциональных узлов, отвечающих требованиям стандартов, применять отработанные и прове-

ренные проектные решения. Они определяют унифицированные интерфейсы взаимодействия компонентов таким образом, что разработчику системы, как правило, не требуется вдаваться в детали внутреннего устройства этих компонентов. Стандарты, относящиеся к программным комплексам (функциональным частям) систем, облегчают повторное использование в новых системах готовых и апробированных программных продуктов. Для унификации и регламентирования процессов ЖЦ ПС такие совокупности — *профили стандартов* должны адаптироваться и конкретизироваться применительно к определенным классам проектов, процессов и компонентов ПС. Таким образом, разработка программного продукта, в значительной степени, может сводиться к интеграции и комплексированию из стандартизированных компонентов.

Методы и процессы стандартизации жизненного цикла ПС играют *стабилизирующую и организующую роль* во всем жизненном цикле многих сложных систем. Они обеспечивают:

- расширение и совершенствование функций систем и компонентов с сохранением их целостности и первичных затрат;
- систематическое повышение качества функционирования комплексов программ и баз данных для решения задач пользователей в различной внешней среде;
- улучшение технико-экономических характеристик применения систем и программных продуктов;
- совершенствование технологий обеспечения жизненного цикла сложных систем и комплексов программ.

Для этого при создании и сопровождении сложных, распределенных систем, формировании их архитектуры, при выборе стандартов для программных компонентов и их связей, целесообразно учитывать *ряд современных концептуальных требований программной инженерии и формирования их жизненного цикла*:

- архитектура комплекса программ должна соответствовать текущим и перспективным целям и стратегическим, функциональным задачам, создаваемой системы, быть достаточно гибкой и допускать относительно простое, без коренных структурных изменений, развитие и наращивание функций и ресурсов системы в соответствии с расширением сфер и задач её применения;
- в структуре и компонентах ПС и системы следует предусматривать обеспечение максимально возможной сохранности инвестиций в аппаратные и программные средства, а также в базы данных при длительном развитии, сопровождении и модернизации системы;

- необходимо обеспечивать эффективное использование ресурсов в ЖЦ системы и минимизировать интегральные затраты на обработку данных в типовых режимах её функционирования с учетом эксплуатационных затрат и капитальных вложений в создание системы и программного продукта;
- должны быть обеспечены безопасность функционирования системы и надежная защита данных от ошибок, от разрушения или потери информации, а также авторизация пользователей, управление рабочей загрузкой, резервированием и оперативным восстановлением функционирования системы и программного продукта;
- для обеспечения перспективы развития жизненного цикла системы и комплекса программ целесообразно предусматривать возможность интеграции гетерогенных вычислительных компонентов и возможность переноса ПС и БД на различные аппаратные и операционные платформы на основе концепции и стандартов открытых систем;
- следует обеспечить комфортное обучение и максимально упрощенный доступ конечных пользователей к управлению и результатам функционирования системы и программного продукта на основе современных графических средств и наглядных пользовательских интерфейсов.

Наиболее актуальна **стандартизация процессов жизненного цикла** комплексов программ при коллективной разработке и сопровождении крупных **критических систем управления в реальном времени**, к которым предъявляются высокие требования к качеству. В этих случаях особенно необходимо четкое планирование и управление технологическими процессами их жизненного цикла. Созданы или разрабатываются комплексы международных стандартов, в той или иной степени регламентирующие процессы проектирования, разработки, эксплуатации и сопровождения в ЖЦ программ и баз данных. Они обычно ориентированы на ПС, выполняющие важные функции в системах управления объектами, технологическими процессами или при обработке ответственной информации. Применение таких стандартов полностью при создании и использовании простых программ, узкого или экспериментального назначения (первого класса см. выше) не всегда может быть оправдано. Однако они определяют **современную культуру программной инженерии и стандартизации жизненного цикла комплексов программ высокого качества**.

Лекция 19 Современные технологии создания программного обеспечения. Примеры ТС ПО различных компаний-поставщиков

Технология Rational Unified Process (IBM Rational Software)

На сегодняшний день практически все ведущие компании - разработчики технологий и программных продуктов (IBM, Oracle, Borland, Computer Associates и др.) располагают развитыми технологиями создания ПО, которые создавались как собственными силами, так и за счет приобретения продуктов и технологий, созданных небольшими специализированными компаниями. Выбор в качестве примера четырех перечисленных компаний объясняется их ведущими позициями на мировом рынке ТС ПО, присутствием на российском рынке и ограниченным объемом настоящего обзора.

Одна из наиболее совершенных технологий, претендующих на роль мирового корпоративного стандарта - Rational Unified Process (RUP). RUP представляет собой программный продукт, разработанный компанией Rational Software (www.rational.com), которая в настоящее время входит в состав IBM.

RUP в значительной степени соответствует стандартам и нормативным документам, связанным с процессами ЖЦ ПО и оценкой технологической зрелости организаций-разработчиков (ISO 12207, ISO 9000, CMM и др.). Ее основными принципами являются:

1. Итерационный и инкрементный (наращиваемый) подход к созданию ПО.
2. Планирование и управление проектом на основе функциональных требований к системе - вариантов использования.
3. Построение системы на базе архитектуры ПО.

Первый принцип является определяющим. В соответствии с ним разработка системы выполняется в виде нескольких краткосрочных мини-проектов фиксированной длительности (от 2 до 6 недель), называемых итерациями. Каждая итерация включает свои собственные этапы анализа требований, проектирования, реализации, тестирования, интеграции и завершается созданием работающей системы.

Итерационный цикл основывается на постоянном расширении и дополнении системы в процессе нескольких итераций с периодической обратной связью и адаптацией добавляемых модулей к существующему ядру системы. Система постоянно разрастается шаг за шагом, поэтому такой подход называют итерационным и инкрементным.

На [Рис. 1](#) показано общее представление RUP в двух измерениях. Горизонтальное измерение представляет время, отражает динамические аспекты процес-

сов и оперирует такими понятиями, как стадии, итерации и контрольные точки. Вертикальное измерение отражает статические аспекты процессов и оперирует такими понятиями, как виды деятельности (технологические операции), рабочие продукты, исполнители и дисциплины (технологические процессы).

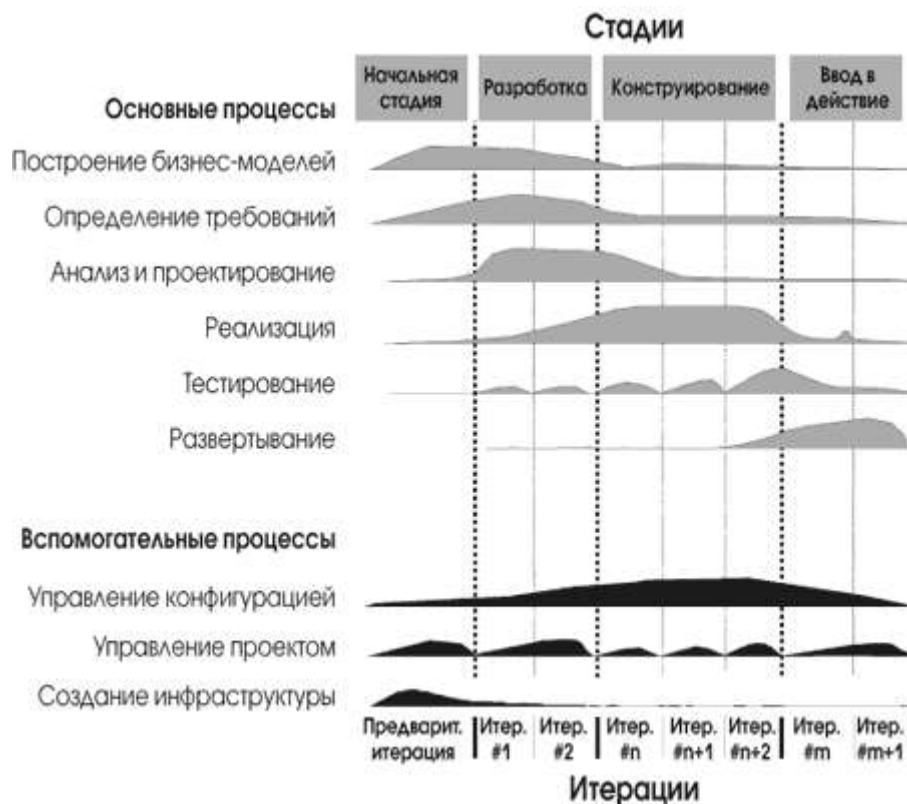


Рисунок 1. Общее представление RUP

Согласно RUP, ЖЦ ПО разбивается на отдельные циклы, в каждом из которых создается новое поколение продукта. Каждый цикл, в свою очередь, разбивается на четыре последовательные стадии:

- начальная стадия (inception);
- стадия разработки (elaboration);
- стадия конструирования (construction);
- стадия ввода в действие (transition).

Каждая стадия завершается в четко определенной контрольной точке (milestone). В этот момент времени должны достигаться важные результаты и приниматься критически важные решения о дальнейшей разработке.

Начальная стадия может принимать множество разных форм. Для крупных проектов начальная стадия может вылиться во всестороннее изучение всех возможностей реализации проекта, которое займет месяцы. Во время начальной стадии вырабатывается бизнес-план проекта - определяется, сколько приблизительно он будет стоить и какой доход принесет. Определяются также границы проекта, и выполняется некоторый начальный анализ для оценки размеров проекта.

Результатами начальной стадии являются:

- общее описание системы: основные требования к проекту, его характеристики и ограничения;
- начальная модель вариантов использования (степень готовности - 10-20%);
- начальный проектный глоссарий (словарь терминов);
- начальный бизнес-план;
- план проекта, отражающий стадии и итерации;
- один или несколько прототипов.

На стадии разработки выявляются более детальные требования к системе, выполняется высокоуровневый анализ предметной области и проектирование для построения базовой архитектуры системы, создается план конструирования и устраняются наиболее рискованные элементы проекта.

Результатами стадии разработки являются:

- модель вариантов использования (завершенная, по крайней мере, на 80%), определяющая функциональные требования к системе;
- перечень дополнительных требований, включая требования нефункционального характера и требования, не связанные с конкретными вариантами использования;
- описание базовой архитектуры будущей системы;
- работающий прототип;
- уточненный бизнес-план;
- план разработки всего проекта, отражающий итерации и критерии оценки для каждой итерации.

Самым важным результатом стадии разработки является описание базовой архитектуры будущей системы. Эта архитектура включает:

- модель предметной области, которая отражает понимание бизнеса и служит отправным пунктом для формирования основных классов предметной области;
- технологическую платформу, определяющую основные элементы технологии реализации системы и их взаимодействие.

Эта архитектура является основой всей дальнейшей разработки, она служит своего рода проектом для последующих стадий. В дальнейшем неизбежны незначительные изменения в деталях архитектуры, однако, серьезные изменения маловероятны.

Стадия разработки занимает около пятой части общей продолжительности проекта. Основными признаками завершения стадии разработки являются два события:

- разработчики в состоянии оценить с достаточно высокой точностью, сколько времени потребуется на реализацию каждого варианта использования;
- идентифицированы все наиболее серьезные риски, и степень понимания наиболее важных из них такова, что известно, как справиться с ними.

Сущность планирования заключается в определении последовательности итераций конструирования и вариантов использования, реализуемых на каждой итерации. Итерации на стадии конструирования являются одновременно инкрементными и повторяющимися:

- итерации являются инкрементными в соответствии с той функцией, которую они выполняют. Каждая итерация добавляет очередные конструкции к вариантам использования, реализованным во время предыдущих итераций;
- итерации являются повторяющимися по отношению к разрабатываемому коду. На каждой итерации некоторая часть существующего кода переписывается с целью сделать его более гибким.

Результатом стадии конструирования является продукт, готовый к передаче конечным пользователям. Как минимум, он содержит следующее:

- ПО, интегрированное на требуемых платформах;
- руководства пользователя;
- описание текущей реализации.

Назначением стадии ввода в действие является передача готового продукта в распоряжение пользователей. Данная стадия включает:

- бета-тестирование, позволяющее убедиться, что новая система соответствует ожиданиям пользователей;
- параллельное функционирование с существующей (legacy) системой, которая подлежит постепенной замене;
- конвертирование баз данных;
- оптимизацию производительности;
- обучение пользователей и специалистов службы сопровождения.

Статический аспект RUP представлен четырьмя основными элементами:

- роли;
- виды деятельности;
- рабочие продукты;
- дисциплины.

Понятие "роль" (role) определяет поведение и ответственность личности или группы личностей, составляющих проектную команду. Одна личность может играть в проекте много различных ролей.

Под видом деятельности конкретного исполнителя понимается единица выполняемой им работы. Вид деятельности (activity) соответствует понятию технологической операции. Он имеет четко определенную цель, обычно выражаемую в терминах получения или модификации некоторых рабочих продуктов (artifacts), таких, как модель, элемент модели, документ, исходный код или план. Каждый вид деятельности связан с конкретной ролью. Продолжительность вида деятельности составляет от нескольких часов до нескольких дней, он обычно выполняется одним исполнителем и порождает только один или весьма небольшое количество рабочих продуктов. Любой вид деятельности должен являться элементом процесса планирования. Примерами видов деятельности могут быть планирование итерации, определение вариантов использования и действующих лиц, выполнение теста на производительность. Каждый вид деятельности сопровождается набором руководств (guidelines), представляющих собой методики выполнения технологических операций.

Дисциплина (discipline) соответствует понятию технологического процесса и представляет собой последовательность действий, приводящую к получению значимого результата.

В рамках RUP определены шесть основных дисциплин:

- построение бизнес-моделей;
- определение требований;
- анализ и проектирование;
- реализация;
- тестирование;
- оразвертывание;

и три вспомогательных:

- управление конфигурацией и изменениями;
- управление проектом;
- создание инфраструктуры.

RUP как продукт входит в состав комплекса Rational Suite, причем каждая из перечисленных выше дисциплин поддерживается определенным инструментальным средством комплекса. Физическая реализация RUP представляет собой Web-сайт, включающий следующие компоненты:

- описание всех элементов динамического и статического аспекта RUP;
- навигатор по всем элементам RUP, глоссарий и средство быстрого обучения технологии;

- руководства для всех участников проектной команды, охватывающие весь жизненный цикл ПО. Руководства представлены в двух видах: для осмысления процесса на верхнем уровне, и в виде подробных наставлений по повседневной деятельности;
- наставления по использованию инструментальных средств, входящих в состав Rational Suite;
- примеры и шаблоны проектных решений для Rational Rose;
- шаблоны проектной документации для SoDa;
- шаблоны в формате Microsoft Word, предназначенные для поддержки документации по всем процессам и действиям жизненного цикла ПО;
- планы в формате Microsoft Project, отражающие итерационный характер разработки ПО.

Адаптация RUP к потребностям конкретной организации или проекта обеспечивается с помощью Rational Process Workbench (RPW) - специального набора инструментов и шаблонов для настройки и публикации Web-сайтов на основе RUP. RPW поддерживает три основные функции моделирования технологических процессов:

- определение процесса;
- описание процесса;
- представление процесса.

Библиотека элементов процесса содержит текстовую информацию о каждом элементе в модели процесса, все текстовые страницы RUP, а RPW - необходимые шаблоны для создания новых страниц описания. RPW генерирует описание процессов, включающее текст и графику, в виде Web-сайта, соединяя модели процессов и библиотеку описаний в единое целое.

RUP опирается на интегрированный комплекс инструментальных средств Rational Suite. Он существует в следующих вариантах:

- Rational Suite AnalystStudio - предназначен для определения и управления полным набором требований к разрабатываемой системе;
- Rational Suite DevelopmentStudio - предназначен для проектирования и реализации ПО;
- Rational Suite TestStudio - представляет собой набор продуктов, предназначенных для автоматического тестирования приложений;
- Rational Suite Enterprise - обеспечивает поддержку полного жизненного цикла ПО и предназначен как для менеджеров проекта, так и отдельных разработчиков, выполняющих несколько функциональных ролей в команде разработчиков.

В состав Rational Suite, кроме самой технологии RUP как продукта, входят следующие компоненты:

- о Rational Rose - средство визуального моделирования (анализа и проектирования), использующее язык UML;
- о Rational XDE - средство анализа и проектирования, интегрируемое с платформами MS Visual Studio .NET и IBM WebSphere Studio Application Developer;
- о Rational Requisite Pro - средство управления требованиями, предназначенное для организации совместной работы группы разработчиков. Оно позволяет команде разработчиков создавать, структурировать, устанавливать приоритеты, отслеживать, контролировать изменения требований, возникающих на любом этапе разработки компонентов приложения;
- Rational Rapid Developer - средство быстрой разработки приложений на платформе Java 2 Enterprise Edition;
- Rational ClearCase - средство управления конфигурацией ПО;
- Rational SoDA - средство автоматической генерации проектной документации;
- Rational ClearQuest - средство для управления изменениями и отслеживания дефектов в проекте на основе средств e-mail и Web;
- Rational Quantify - средство количественного определения узких мест, влияющих на общую эффективность работы программы;
- Rational Purify - средство для локализации трудно обнаруживаемых ошибок времени выполнения программы;
- Rational PureCoverage - средство идентификации участков кода, пропущенных при тестировании;
- Rational TestManager - средство планирования функционального и нагрузочного тестирования;
- Rational Robot - средство записи и воспроизведения тестовых сценариев;
- Rational TestFactory - средство тестирования надежности;
- Rational Quality Architect - средство генерации кода для тестирования.

Одно из основных инструментальных средств комплекса Rational Rose [\[9\]](#) представляет собой семейство объектно-ориентированных CASE-средств и предназначено для автоматизации процессов анализа и проектирования ПО, а также для генерации кодов на различных языках и выпуска проектной документации. Rational Rose реализует процесс объектно-ориентированного анализа

и проектирования ПО, описанный в RUP. В основе работы Rational Rose лежит построение диаграмм и спецификаций UML, определяющих архитектуру системы, ее статические и динамические аспекты. В составе Rational Rose можно выделить шесть основных структурных компонентов: репозиторий, графический интерфейс пользователя, средства просмотра проекта (браузер), средства контроля проекта, средства сбора статистики и генератор документов. К ним добавляются генераторы кодов для каждого поддерживаемого языка, состав которых меняется от версии к версии.

Репозиторий представляет собой базу данных проекта. Браузер обеспечивает "навигацию" по проекту, в том числе перемещение по иерархиям классов и подсистем, переключение от одного вида диаграмм к другому и т. д. Средства контроля и сбора статистики дают возможность находить и устранять ошибки по мере развития проекта, а не после завершения его описания. Генератор отчетов формирует тексты выходных документов на основе содержащейся в репозитории информации.

Средства автоматической генерации кода, используя информацию, содержащуюся в диаграммах классов и компонентов, формируют файлы описаний классов. Создаваемый таким образом скелет программы может быть уточнен путем прямого программирования на соответствующем языке (основные языки, поддерживаемые Rational Rose - C++ и Java).

В результате разработки проекта с помощью Rational Rose формируются следующие документы:

- диаграммы UML, в совокупности представляющие собой модель разрабатываемой программной системы;
- спецификации классов, объектов, атрибутов и операций;
- заготовки текстов программ.

Тексты программ являются заготовками для последующей работы программистов. Состав информации, включаемой в программные файлы, определяется либо по умолчанию, либо по усмотрению пользователя. В дальнейшем эти исходные тексты развиваются программистами в полноценные программы.

Инструментальное средство Rational XDE представляет собой развитие возможностей Rational Rose в части синхронизации модели и кода (исключающей необходимость прямой и обратной генерации кода). Rational XDE обеспечивает:

- синхронизацию между кодом и моделью;
- отображение элементов кода Java и C# в UML;

- автоматическую синхронизацию с настраиваемым разрешением конфликтов;
- одновременное отображение кода и модели;
- постоянную синхронизацию модели UML, как части проекта Java или C#.

Технология Oracle

Методическую основу ТС ПО корпорации Oracle (www.oracle.com) составляет метод Oracle (Oracle Method) - комплекс методов, охватывающий большинство процессов ЖЦ ПО. В состав комплекса входят:

- CDM (Custom Development Method) - разработка прикладного ПО;
- PJM (Project Management Method) - управление проектом;
- AIM (Application Implementation Method) - внедрение прикладного ПО;
- BPR (Business Process Reengineering) - реинжиниринг бизнес-процессов;
- OCM (Organizational Change Management) - управление изменениями, и др.

Метод CDM оформлен в виде консалтингового продукта CDM Advantage - библиотеки стандартов и руководств (включающего также PJM). Он представляет собой развитие достаточно давно созданного Oracle CASE-Method, известного по использованию CASE-средств фирмы Oracle и книгам Р. Баркера. По существу, CDM является методическим руководством по разработке прикладного ПО с использованием инструментального комплекса Oracle Developer Suite, а сам процесс проектирования и разработки тесно связан с Oracle Designer и Oracle Forms.

В соответствии с CDM ЖЦ ПО формируется из определенных этапов (фаз) проекта и процессов, каждый из которых выполняется в течение нескольких этапов ([Рис. 2](#)):

- стратегия (определение требований);
- анализ (формулирование детальных требований к системе);
- проектирование (преобразование требований в детальные спецификации системы);
- реализация (написание и тестирование приложений);
- внедрение (установка новой прикладной системы, подготовка к началу эксплуатации);
- эксплуатация.



Рисунок 2. Этапы и процессы CDM

На этапе стратегии определяются цели создания системы, приоритеты и ограничения, разрабатывается системная архитектура и составляется план разработки. На этапе анализа строятся модель информационных потребностей (диаграмма "сущность-связь"), диаграмма функциональной иерархии (на основе функциональной декомпозиции системы), матрица перекрестных ссылок и диаграмма потоков данных.

На этапе проектирования разрабатывается подробная архитектура системы, проектируются схема реляционной БД и программные модули, устанавливаются перекрестные ссылки между компонентами системы для анализа их взаимного влияния и контроля за изменениями.

На этапе реализации создается БД, строятся прикладные системы, производится их тестирование, проверка качества и соответствия требованиям пользователей. Создается системная документация, материалы для обучения и руководства пользователей.

На этапах внедрения и эксплуатации анализируются производительность и целостность системы, выполняется поддержка и, при необходимости, модификация системы.

Процессы CDM:

- определение бизнес-требований, или постановка задачи (Business Requirements Definition);
 - исследование существующих систем (Existing Systems Examination).
- Выполнение этого процесса должно обеспечить понимание состояния суще-

ствующего технического и программного обеспечения для планирования необходимых изменений;

- определение технической архитектуры (Technical Architecture);
- проектирование и реализация базы данных (Database Design and Build). Процесс предусматривает проектирование и реализацию реляционной базы данных, включая создание индексов и других объектов БД;
- проектирование и реализация модулей (Module Design and Build). Этот процесс является основным в проекте. Он включает непосредственное проектирование приложения и создание кода прикладной программы;
- конвертирование данных (Data Conversion). Цель этого процесса - преобразовывать, перенести и проверить согласованность и непротиворечивость данных, оставшихся в наследство от "старой" системы и необходимых для работы в новой системе;
- документирование (Documentation);
- тестирование (Testing);
- обучение (Training);
- внедрение, или переход к новой системе (Transition). Этот процесс включает решение задач установки, ввода новой системы в эксплуатацию, прекращения эксплуатации старых систем;
- поддержка и сопровождение (Post-System Support).

Процессы состоят из последовательностей взаимосвязанных задач.

CDM предоставляет возможность выбрать требуемый подход к разработке. Это возможно, поскольку каждый процесс базируется на известных зависимостях между задачами одного типа и не зависит от того, на какие этапы будет разбит проект.

При определении подхода к разработке оценивается масштаб, степень сложности и критичность будущей системы. При этом учитываются стабильность требований, сложность и количество бизнес-правил, количество автоматически выполняемых функций, разнообразие и количество пользователей, степень взаимодействия с другими системами, критичность приложения для основного бизнес-процесса компании и целый ряд других.

В соответствии с этими факторами в CDM выделяются два основных подхода к разработке:

- **Классический подход (Classic).** Этапы данного подхода представлены на [Рис. 2](#). Классический подход применяется для наиболее сложных и масштабных проектов, он предусматривает последовательный и детерминированный порядок выполнения задач.

Для таких проектов характерно большое количество реализуемых бизнес-правил, распределенная архитектура, критичность приложения. Применение классического подхода также рекомендуется при нехватке опыта у разработчиков, неподготовленности пользователей, нечетко определенной задаче. Продолжительность таких проектов от 8 до 36 месяцев.

- **Подход быстрой разработки (Fast Track).** Данный подход, в отличие от каскадного классического, является итерационным и основан на методе DSDM (Dynamic Systems Development Method). В этом подходе четыре этапа - стратегия, моделирование требований, проектирование и генерация системы и внедрение в эксплуатацию. Подход используется для реализации небольших и средних проектов с несложной архитектурой системы, гибкими сроками и четкой постановкой задач. Продолжительность проекта от 4 до 16 месяцев.

RJM - это определенная дисциплина ведения проекта, позволяющая гарантировать, что цели проекта, четко определенные в его начале, остаются в центре внимания на протяжении всего проекта. В основе RJM лежит метод, ориентированный на выполнение самостоятельных процессов (под процессом понимается набор связанных задач, выполнением которых достигается определенная цель проекта). Так же, как и CDM, метод руководства проектом представляется в виде четко определенной операционной схемы, в которой выделяются процессы, этапы, задачи, результаты решения задач и зависимости между задачами:

- Управление проектом и предоставление отчетности (Control and Reporting). Этот процесс содержит задачи, в результате решения которых определяются границы проекта и подход к разработке, происходит управление изменениями и контролируется возможный риск;
- Управление работой (Work Management). Процесс содержит задачи, помогающие контролировать работы, выполняемые в проекте;
- Управление ресурсами (Resource Management). Здесь решаются задачи, связанные с обеспечением каждого этапа исполнителями;
- Управление качеством (Quality Management). Процесс управления качеством гарантирует, что в проект отвечает требованиям пользователя в течение всего процесса разработки;
- Управление конфигурацией (Configuration Management).

Цикл решения задач RJM состоит из отдельных этапов. Количество этапов зависит от выбранного подхода к разработке. Задачи RJM можно распределить внутри каждого процесса по трем группам - задачи планирования, управления и

завершения, и по уровням - отнести задачу на уровень проекта или на уровень отдельного этапа.

По аналогии с CDM, в PJM предусмотрено широкое использование шаблонов разрабатываемых документов.

Комплекс Oracle Developer Suite содержит набор интегрированных средств разработки для быстрого создания приложений. Он включает средства моделирования, программирования на Java, разработки компонентов, бизнес-анализа и составления отчетов. Все эти средства используют общие ресурсы, что позволяет совместно работать над одним проектом группе разработчиков. Oracle Developer Suite интегрирован с Oracle Database и Oracle Application Server, образуя единую платформу для создания и установки приложений.

Oracle Developer Suite поддерживает стандарты J2EE: Enterprise Java Beans (EJB), сервлеты и страницы JavaServer (JSP). В него также входят анализатор XML, процессор XSLT, процессор схем XML и XSQL-сервлет для разработки XML-приложений.

В Oracle Developer Suite встроена поддержка языка UML для разработки приложений на основе моделей. Модели хранятся в общем репозитории Oracle, который предназначен для поддержки больших коллективов разработчиков.

Oracle Developer Suite включает в себя: Oracle Designer - средство моделирования и генерации приложений; Oracle Forms - средство быстрой разработки приложений; Oracle Reports - визуальное средство разработки отчетов; Oracle JDeveloper - средство визуального программирования на языке Java; Oracle Discoverer - средство для разработки аналитических приложений; Oracle Warehouse Builder - система для построения хранилищ данных; Oracle Portal - средство разработки информационного портала организации.

CASE-средство Oracle Designer является интегрированным средством, обеспечивающим в совокупности со средствами разработки приложений поддержку ЖЦ ПО. Oracle Designer представляет собой семейство методов и поддерживающих их программных продуктов. Базовый метод Oracle Designer (CDM) - структурный метод проектирования систем, охватывающий полностью все стадии ЖЦ ПО.

Oracle Designer обеспечивает графический интерфейс при разработке различных моделей (диаграмм) предметной области. В процессе построения моделей информация о них заносится в репозиторий. В состав Oracle Designer входят следующие компоненты: Repository Administrator - средства управления репозиторием (создание и удаление приложений, управление доступом к данным со стороны различных пользователей, экспорт и импорт данных); Repository

Object Navigator - средство доступа к репозиторию, обеспечивающее много-оконный объектно-ориентированный интерфейс доступа ко всем элементам репозитория; Process Modeler - средство анализа и моделирования бизнес-процессов; Systems Modeler - набор средств построения функциональных и информационных моделей проектируемой системы, включающий средства для построения диаграмм "сущность-связь" (Entity-Relationship Diagrammer), диаграмм функциональных иерархий (Function Hierarchy Diagrammer), диаграмм потоков данных (Data Flow Diagrammer) и средство анализа и модификации связей объектов репозитория различных типов (Matrix Diagrammer); Systems Designer - набор средств проектирования ПО, включающий средство построения структуры реляционной базы данных (Data Diagrammer), а также средства построения диаграмм, отображающих взаимодействие с данными, иерархию, структуру и логику приложений, реализуемую хранимыми процедурами на языке PL/SQL (Module Data Diagrammer, Module Structure Diagrammer и Module Logic Navigator); Server Generator - генератор описаний объектов БД Oracle (таблиц, индексов, ключей, последовательностей и т.д.); Forms Generator - генератор приложений для Oracle Forms. Генерируемые приложения включают в себя различные экранные формы, средства контроля данных, проверки ограничений целостности и автоматические подсказки; Repository Reports - генератор стандартных отчетов, интегрированный с Oracle Reports.

Репозиторий Oracle Designer представляет собой хранилище всех проектных данных и может работать в многопользовательском режиме, обеспечивая параллельное обновление информации несколькими разработчиками. В процессе проектирования автоматически поддерживаются перекрестные ссылки между объектами словаря и могут генерироваться более 70 стандартных отчетов о моделируемой предметной области. Физическая среда хранения репозитория - база данных Oracle.

Технология Borland

Компания Borland (www.borland.com) в результате развития собственных разработок и приобретения целого ряда компаний представила интегрированный комплекс инструментальных средств, реализующих управление полным жизненным циклом приложений (Application Life Cycle Management, ALM). В соответствии с технологией Borland процесс создания ПО включает в себя пять основных этапов: определение требований; анализ и проектирование; разработка; тестирование и профилирование; развертывание.

Выполнение всех этапов координируется процессом управления конфигурацией и изменениями.

Определение требований реализуется с помощью системы управления требованиями CaliberRM, которая стала частью семейства продуктов Borland в результате покупки компании Starbase. CaliberRM сохраняет требования в базе данных, документы с их описанием создаются с помощью встроенного механизма генерации документов MS Word на базе заданных шаблонов. Система обеспечивает экспорт данных в таблицы MS Access и импорт из MS Word. CaliberRM поддерживает различные методы визуализации зависимостей между требованиями, с помощью которых пользователь может ограничить область анализа, необходимого в случае изменения того или иного требования. Имеется модуль, который использует данные требования для оценки трудозатрат, рисков и расходов, связанных с реализацией требований.

Средство анализа и проектирования Together ControlCenter разработано компанией TogetherSoft. В основе его применения лежит один из вариантов подхода "Быстрой разработки ПО" под названием Feature Driven Development (FDD).

Together ControlCenter - интегрированная среда проектирования и разработки, поддерживающая визуальное моделирование на UML с последующим написанием приложений для платформ J2EE (Java) и .Net (C#, C++ и Visual Basic). Кроме базовой версии, имеется уменьшенный вариант системы для индивидуальных разработчиков и небольших групп (Together Solo), а также редакции для платформы IBM WebSphere и среды разработки Jbuilder.

В системе реализована технология LiveSource, которая обеспечивает синхронизацию между проектом приложения и изменениями - при внесении изменений в исходные тексты меняется модель программы, а при изменении модели надлежащим образом изменяется текст на языке программирования. Это исключает необходимость вручную модифицировать модель или переписывать код. Контроль версий осуществляется благодаря функциональной интеграции Together и системы StarTeam. Поддерживается также интеграция с системой управления конфигурацией Rational ClearCase.

Инструментальные средства тестирования появились в составе комплекса Borland в результате покупки компании Optimizeit. К ним относятся Optimizeit Suite 5, Optimizeit Profiler for .NET и Optimizeit ServerTrace. Первые две системы позволяют выявить потенциальные проблемы использования аппаратных ресурсов - памяти и процессорных мощностей на платформах J2EE и .Net соответственно. Интеграция Optimizeit Suite 5 в среду разработки Jbuilder, а Optimizeit Profiler - в C#Builder и Visual Basic .Net позволяет проводить контрольные испытания приложений по мере разработки и ликвидировать узкие

места производительности. Система Optimizeit ServerTrace предназначена для управления производительностью серверных J2EE-приложений с точки зрения достижения заданного уровня обслуживания и сбора контрольных данных по виртуальным Java-машинам.

Сущность концепции ALM сосредоточена в системе управления конфигурацией и изменениями: именно она объединяет основные фазы ЖЦ ПО. Такой системой является StarTeam, разработанная компанией Starbase. Она выполняет функции контроля версий, управления изменениями, отслеживания дефектов, управления требованиями (в интеграции с CaliberRM), управления потоком задач и управления проектом.

StarTeam совместима с интерфейсом Microsoft Source Code Control и интегрируется с любой системой разработки, которая поддерживает этот API. Кроме того, в системе реализованы средства интеграции со средствами разработки и моделирования Together, JBuilder, Delphi, C++Builder и C#Builder.

В технологии Borland выделяется три уровня интеграции. **Функциональная (touch-point)** интеграция позволяет обратиться из одной системы к функциям другой, выбрав соответствующий пункт меню. Например, интерфейс управления изменениями StarTeam непосредственно отображается в системах Together, C#Builder и Visual Studio .Net. Такая интеграция дает возможность разделять информацию между системами, но не обеспечивает единого рабочего пространства, вынуждает пользователя переключать окна и приводит к дублированию процессов управления структурой проекта. **Встроенная (embedded)** интеграция обеспечивает работу с одной системой непосредственно в среде другой. Например, не выходя из среды разработки Jbuilder, можно просматривать графики производительности, которые создает система Optimizeit. Самый высокий уровень интеграции - **синергетический (synergistic)**, позволяющий сочетать функции двух различных продуктов незаметно для разработчиков. Для большинства продуктов Borland и других поставщиков синергетическая интеграция пока остается делом будущего, однако ее принципы уже начинают реализовываться.

Технология Computer Associates

Компания Computer Associates (www.ca.com) предлагает комплексы инструментальных средств поддержки различных процессов ЖЦ ПО: AllFusion Modeling Suite - интегрированный комплекс CASE-средств, включающий следующие продукты: AllFusion Process Modeler (BPwin) - функциональное моделирование; AllFusion ERwin Data Modeler (ERwin) - моделирование данных; AllFusion Component Modeler (Paradigm Plus) - объектно-ориентированный ана-

лиз и проектирование с использованием UML и возможностью генерации кода; AllFusion Model Manager (Model Mart) - организация совместной работы команды разработчиков; AllFusion Data Model Validator (ERwin Examiner) - проверка структуры и качества моделей данных.

AllFusion Change Management Suite - комплекс средств управления конфигурацией и изменениями.

AllFusion Process Management Suite - средства управления процессами и проектами для различных типов приложений.

CASE-средства ERwin и BPwin были разработаны фирмой Logic Works, которая в 1998 году вошла в состав PLATINUM Technology, а затем Computer Associates.

BPwin - средство моделирования бизнес-процессов, реализующее метод IDEF0, а также поддерживающее диаграммы потоков данных и IDEF3. В процессе моделирования BPwin позволяет переключиться с нотации IDEF0 на любой ветви модели на нотацию IDEF3 или DFD и создать смешанную модель. BPwin поддерживает функционально-стоимостной анализ (ABC).

Семейство продуктов ERwin представляет собой набор средств концептуального моделирования данных, использующих метод IDEF1X. ERwin реализует проектирование схемы БД, генерацию ее описания на языке целевой СУБД (Oracle, Sybase, DB2, Microsoft SQL Server и др.) и реверсный инжиниринг существующей БД. ERwin выпускается в нескольких конфигурациях, ориентированных на наиболее распространенные средства разработки приложений.

Для управления групповой разработкой используется средство Model Mart, обеспечивающее многопользовательский доступ к моделям, созданным с помощью ERwin и BPwin. Модели хранятся на центральном сервере и доступны для всех участников группы проектирования.

Model Mart удовлетворяет ряду требований, предъявляемым к средствам управления разработкой крупных систем, а именно:

- Совместное моделирование. Каждый участник проекта имеет инструмент поиска и доступа к интересующей его модели в любое время. При совместной работе используются три режима: незащищенный, защищенный и режим просмотра. В режиме просмотра запрещается любое изменение моделей. В защищенном режиме модель, с которой работает один пользователь, не может быть изменена другими пользователями. В незащищенном режиме пользователи могут работать с общими моделями в реальном масштабе времени.

- Создание библиотек решений. Model Mart позволяет формировать библиотеки стандартных решений, включающие наиболее удачные фрагменты

реализованных проектов, накапливать и использовать типовые модели, объединяя их при необходимости "сборки" больших систем. На основе существующих баз данных с помощью ERwin возможно восстановление моделей (реверсный инжиниринг), которые в процессе анализа пригодности их для новой системы могут объединяться с типовыми моделями из библиотек моделей.

- Управление доступом. Для каждого участника проекта определяются права доступа, в соответствии с которыми, они получают возможность работать только с определенными моделями. Права доступа могут быть определены как для групп, так и для отдельных участников проекта. Роль специалистов, участвующих в различных проектах может меняться, поэтому в Model Mart можно определять и управлять правами доступа участников проекта к библиотекам, моделям и даже к специфическим областям модели.

Заключение

По прогнозам IDC, рынок ТС ПО, испытавший определенный кризис в 2002 году, в ближайшее пятилетие ожидает устойчивый рост в среднем на 6,3% в год. Определяющим фактором для развития этой тенденции является стремление компаний-разработчиков повысить продуктивность своей работы, сократить сроки вывода новых продуктов на рынок, контролировать расходы и быстро получать отдачу от инвестиций. Достижению этих целей способствует использование сред разработки, позволяющих снизить сложность процессов создания ПО, увеличить их эффективность, уменьшить затраты на разработку и максимально использовать потенциал новых технологий. Аналитики сходятся на том, что основное направление развития инструментальных средств - их сквозная интеграция, переход от частично интегрированных средств к интегрированным комплексам, объединяющим возможности управления требованиями, моделирования, разработки, тестирования, управления конфигурацией и изменениями и развертывания приложений. В ближайшие годы такие комплексы, помимо перечисленных возможностей будут включать в себя средства управления потоками работ и проектами. Рынок таких инструментальных средств ожидает глобальная консолидация, обещающая принести значительные выгоды разработчикам. В то же время проблема обоснованного выбора и эффективного применения ТС ПО в крупномасштабных проектах остается актуальной. Невозможно достичь удовлетворительных результатов от применения даже самых совершенных технологий, если они применяются бессистемно, разработчики не обладают необходимой квалификацией для работы с ними, и сам проект выполняется и управляется хаотически. Систематический, обоснованный подход к выбору и применению ТС ПО может сократить время и повысить качество раз-

работки ПО, обеспечить высокую степень его независимости от конкретных разработчиков, а также снизить затраты на разработку и сопровождение ПО.

Лекция 20 Проектирование человеко-машинного интерфейса

Современные методы проектирования деятельности пользователей АСУ сложились в рамках системотехнической концепции проектирования, в силу чего учет человеческого фактора ограничился решением проблем согласования «входов» и «выходов» человека и машины. Вместе с тем при анализе неудовлетворенности пользователей АСУ удастся выявить, что она часто объясняется отсутствием единого, комплексного подхода к проектированию систем взаимодействия.

Использование системного подхода позволяет принять во внимание множество факторов самого различного характера, выделить из них те, которые оказывают самое большое влияние с точки зрения имеющихся общесистемных целей и критериев, и найти пути и методы эффективного воздействия на них. Системный подход основан на применении ряда основных понятий и положений, среди которых можно выделить понятия системы, подчиненности целей и критериев подсистем общесистемным целям и критериям и т.д. Системный подход позволяет рассматривать анализ и синтез различных по своей природе и сложности объектов с единой точки зрения, выявляя при этом важнейшие характерные черты функционирования системы и учитывая наиболее существенные для всей системы факторы. Значение системного подхода особенно велико при проектировании и эксплуатации таких систем, как автоматизированные системы управления (АСУ), которые по существу являются человеко-машинными системами, где **человек выполняет роль субъекта управления**.

Системный подход при проектировании представляет собой комплексное, взаимосвязанное, пропорциональное рассмотрение всех факторов, путей и методов решения сложной многофакторной и многовариантной задачи проектирования интерфейса взаимодействия. В отличие от классического инженерно-технического проектирования при использовании системного подхода учитываются все факторы проектируемой системы - функциональные, психологические, социальные и даже эстетические.

Автоматизация управления неизбежно влечет за собой осуществление системного подхода, так как она предполагает наличие саморегулирующейся системы, обладающей входами, выходами и механизмом управлением. Уже само понятие системы взаимодействия указывает на необходимость рассмотрения окружающей среды, в которой она должна функционировать. Таким образом, система взаимодействия должна рассматриваться как часть более обширной системы - АСУ реального времени, тогда как последняя - системы управляемой среды.

В настоящее время можно считать доказанным, что главная задача проектирования интерфейса пользователя заключается не в том, чтобы рационально

«вписать» человека в контур управления, а в том, чтобы, исходя из задач управления объектом, разработать систему взаимодействия двух равноправных партнеров (человек-оператор и аппаратно-программный комплекс АСУ), рационально управляющих объектом управления.

Предметная область

Итак, очевидно, что человек-оператор является замыкающим звеном системы управления, т.е. **субъектом управления**, а АПК (аппаратно-программный комплекс) АСУ является **инструментальным средством реализации** его управленческой (оперативной) деятельности, т.е. **объектом управления**. По определению В.Ф.Венды, АСУ представляет собой гибридный интеллект, в котором оперативный (управленческий) состав и АПК АСУ являются равноправными партнерами при решении сложных задач управления.

Рациональная организация труда операторов АСУ является одним из важнейших факторов, определяющих эффективное функционирование системы в целом. В подавляющем большинстве случаев управленческий труд - опосредованная деятельность человека, поскольку в условиях АСУ он ведет управление, «не видя» реального объекта. Между реальным объектом управления и человеком-оператором находится **информационная модель объекта** (средства отображения информации). Поэтому возникает проблема проектирования не только средств отображения информации, но и средств взаимодействия человека-оператора с техническими средствами АСУ, т.е. проблема проектирования системы, которую нам следует назвать **интерфейс пользователя**.

Интерфейс взаимодействия человека с техническими средствами АСУ может быть структурно изображен (см. на рис.1.). Он состоит из АПК и протоколов взаимодействия. Аппаратно-программный комплекс обеспечивает выполнение функций:

- преобразование данных, циркулирующих в АПК АСУ, в информационные модели, отображаемые на мониторах (СОИ - средства отображения информации);
- регенерация информационных моделей (ИМ);
- обеспечение диалогового взаимодействия человека с ТС АСУ;
- преобразование воздействий, поступающих от ЧО (человека-оператора), в данные, используемые системой управления;
- физическая реализация протоколов взаимодействия (согласование форматов данных, контроль ошибок и т.п.).

Назначение протоколов состоит в том, чтобы обеспечить механизм достоверной и надежной доставки сообщений между человеком-оператором и СОИ, а следовательно-

но, между ЧО и системой управления. **Протокол** - это правило, определяющее взаимодействие, набор процедур обмена информацией между параллельно выполняемыми процессами в реальном масштабе времени. Эти процессы (функционирование АПК АСУ и оперативная деятельность субъекта управления) характеризуются, во-первых, отсутствием фиксированных временных соотношений между наступлением событий и, во-вторых, отсутствием взаимозависимости между событиями и действиями при их наступлении.

Функции протокола связаны с обменом сообщениями между этими процессами. Формат, содержание этих сообщений образуют логические характеристики протокола. Правила же выполнения процедур определяют те действия, которые выполняют процессы, совместно участвующие в реализации протокола. Набор этих правил является процедурной характеристикой протокола. Используя эти понятия, мы можем теперь формально определить протокол как совокупность логических и процедурных характеристик механизма связи между процессами. Логическое определение составляет синтаксис, а процедурное - семантику протокола.

Генерирование изображения с помощью АПК позволяет получать не только двумерные спроецированные на плоскость изображения, но и реализовать картинную трехмерную графику с использованием плоскостей и поверхностей второго порядка с передачей текстуры поверхности изображения.

В зависимости от вида воспроизводимого изображения следует выделить требования по алфавиту ИМ, по способу формирования символов и по разновидности использования элементов изображения. Используемый алфавит характеризует тип модели, её изобразительные возможности. Он определяется классом решаемых задач, задается числом и типом знаков, количеством градаций яркости, ориентацией символов, частотой мерцания изображения и др.

Алфавит должен обеспечивать построение любых информационных моделей в пределах отображаемого класса. Необходимо также стремиться к уменьшению избыточности алфавита.

Способы **формирования знака** классифицируются в соответствии с используемыми элементами изображения и делятся на моделирующие, синтезирующие и генерирующие. Для знака, который формируется на экране ЭЛТ, предпочтительным является матричный формат.

Наблюдение за монитором позволяет пользователю построить изображение режима системы, которое формируется на основе обученности, тренировки и опыта (концептуальная модель), следовательно, возможно сравнение этого изображения с изображением теоретическим в соответствии с ситуацией. **Требование адекватности, изоморфизма, сходства** пространственно-временной структуры

отображаемых объектов управления и окружающей среды определяет эффективность модели.

Частота регенерации, определяющая быстродействие формирования ИМ, а следовательно, и возможность функционирования системы в интерактивном режиме, влияет на все компоненты системы, связанные с обработкой и отображением информации. **Воспроизведение изображения** осуществляется на основе его цифрового представления, которое содержится в блоке памяти, называемом буфером регенерации.

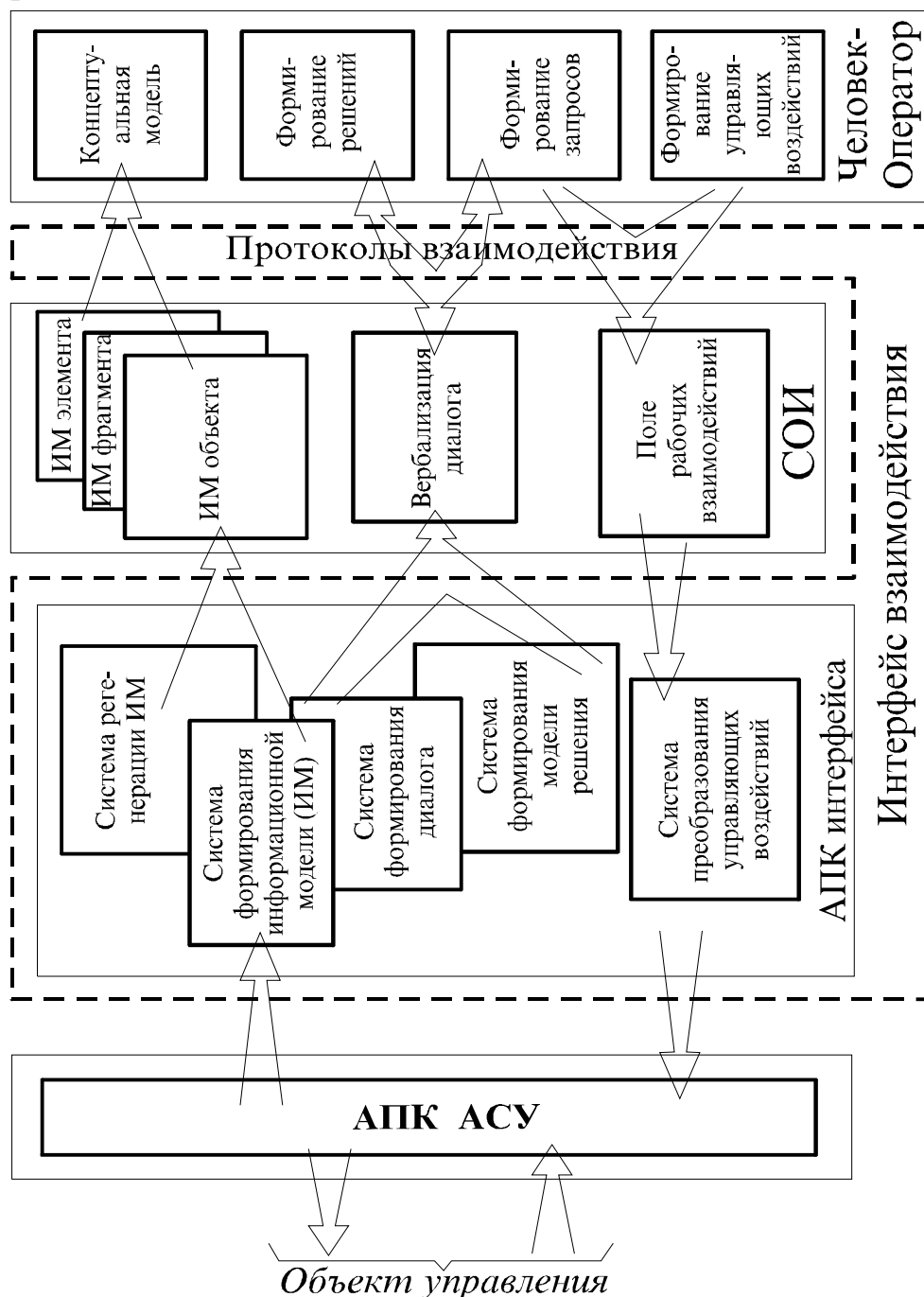


Рис. 1. Информационно-логическая схема интерфейса взаимодействия.

Информационная модель: входная и выходная информация

Процесс преобразования сложной графической информации

Информационная модель, являясь для оператора источником информации, на основе которой он формирует образ реальной обстановки, как правило, включает большое количество элементов. Учитывая различный семантический характер используемых элементов, информационную модель можно представить как совокупность взаимосвязанных элементов:

$$D \subseteq \{D_n\}, \quad D_n = \bigcup_{j=1}^k R_j^n$$

где R_j - множество элементов информационной модели j -й группы, $n=1, \dots, N$; $k=1, \dots, K$.

Количество групп элементов информационной модели определяется степенью детализации описания состояний и условий функционирования объекта управления. Как правило, элемент информационной модели связан с каким-либо параметром объекта управления. Наряду с этим информационная модель графического типа может рассматриваться как сложное **графическое изображение**. Элементы информационной модели здесь выступают как элементы изображения.

Любое изображение состоит из некоторого набора **графических примитивов**, представляющих собой произвольный **графический элемент**, обладающий геометрическими свойствами. В качестве примитивов могут выступать и литеры (алфавитно-цифровые и любые другие символы).

Совокупность графических примитивов, которой оператор может манипулировать как единым целым, называют **сегментом** отображаемой информации. Наряду с сегментом часто используется понятие **графический объект**, под которым понимают множество примитивов, обладающих одинаковыми визуальными свойствами и статусом, а также идентифицированных одним именем.

При организации процесса переработки информации в системах отображения будем манипулировать следующими понятиями:

- **Статическая информация** - относительно стабильная по содержанию информация, используемая в качестве фона. Например, координатная сетка, план, изображение местности и т.д.
- **Динамическая информация** - информация, переменная в определенном интервале времени по содержанию или положению на экране. Реально динамическая информация часто является функцией некоторых случайных параметров.

Такое деление считается сильно условным. Несмотря на это, при проектировании реальных систем отображения информации решается без затруднений.

Анализ системы отображения информации

Системы отображения информации рассматриваемого класса АСУ используют особую область растровой графики - синтез изображения в реальном масштабе времени. Основным показателем, характеризующим подобные системы, является производительность, т.е. количество графических примитивов, обрабатываемых за время формирования кадра. Повышение производительности таких систем дает возможность отображать за время раскадровки больший объем информации, что приведет к возможности решения качественно новых задач.

Непосредственному синтезу изображения в системах реального времени предшествует разработка **базы данных моделей сцены**. Синтез изображения заключается в формировании последовательности кадров изображения в результате выполнения алгоритма визуализации. Исходными данными являются поступающие в реальном режиме времени параметры, а также информация из базы данных модели сцены.

Обобщенная структурная схема системы отображения информации, обеспечивающая формирование поликодовых информационных моделей визуального типа, приведена на рис. 2.

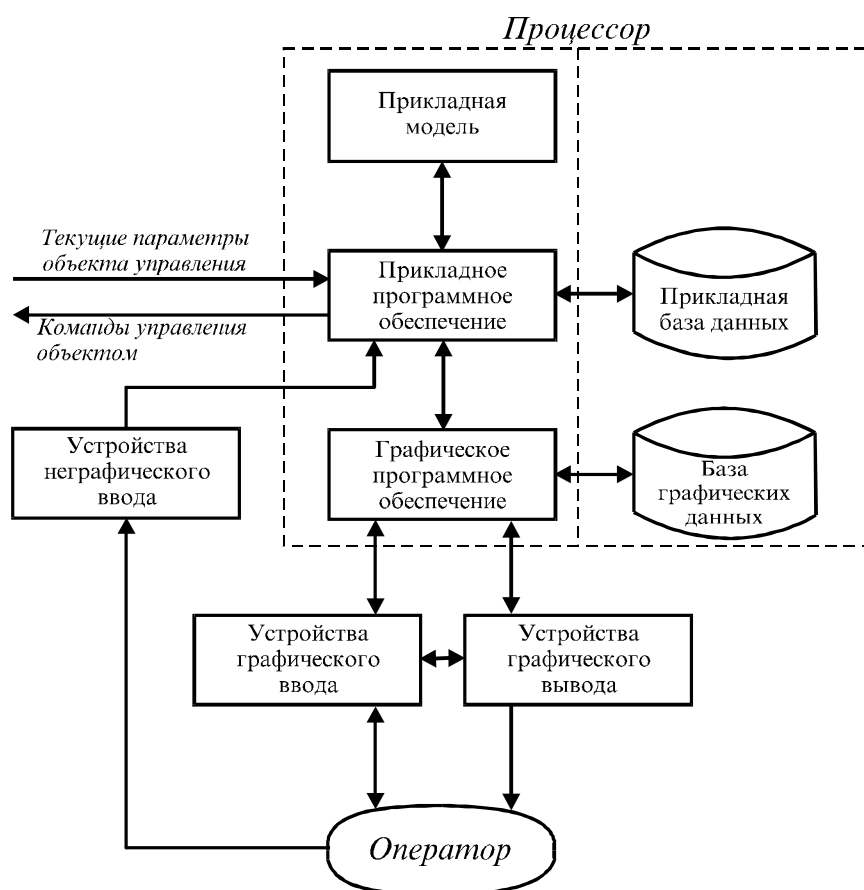


Рис. 2. Структурная схема системы отображения информации.

Прикладная модель представляет собой математическое описание объекта управления, позволяющее моделировать его текущие и прогнозируемые состояния на основе знания совокупности отдельных параметров.

Прикладная база данных реализует хранение параметров управляемого объекта, необходимых для формирования требуемых информационных моделей, и обеспечивает их выбор по запросам прикладного программного обеспечения.

Прикладное программное обеспечение выполняет следующие основные функции:

- производит обработку запросов оператора по выбору и модификации информационных моделей;
- формирует исходные данные для программного обеспечения визуализации информации, которые включают перечень графических объектов, соответствующих элементам формируемой информационной модели, а также параметры, определяющие совокупность и характеристики геометрических преобразований, процесса визуализации и привязки отдельных графических объек-

тов к поверхности изображения;

- обеспечивает прием параметров объекта управления и управляет прикладной базой данных;
- осуществляет прием команд управления объектом от оператора, их обработку и передачу системе управления.

База графических данных служит для организации хранения графических объектов, соответствующих элементам формируемых информационных моделей, реализуя их выбор по запросам графического программного обеспечения.

Основные функции графического программного обеспечения:

- выполнение графических или геометрических преобразований;
- управление базой графических данных;
- реализация интерфейсной части диалога компьютер - пользователь;
- формирование запросов к прикладному программному обеспечению в процессе диалога компьютер - пользователь;
- управление вводом-выводом визуализированной информации.

Устройства графического ввода выполняют функции обеспечения интерфейсной части диалога по вводу запросов в систему, а также функции обеспечения процессов измерений. Кроме того, эти устройства реализуют отображение информационных моделей, выполняя при этом в ряде случаев частичные графические и геометрические преобразования, а также обеспечивают поддержание графического диалога с оператором.

Устройства неграфического ввода обеспечивают передачу команд управления объектом от оператора прикладному программному обеспечению. Необходимо отметить, что данные устройства могут отсутствовать, если в системе отображения информации передача команд управления объектом реализуется с использованием средств графического диалога.

Функциональные задачи, которые должна решать система

При создании сложных АСУ велико значение разработки программного обеспечения, т.к. именно программные средства создают интеллект компьютера, решающий сложные научные задачи, управляющий сложнейшими технологическими процессами. В настоящее время при создании подобных систем значительно возрастает роль человеческого фактора, а следовательно, эргономического обеспечения системы. Основной задачей эргономического обеспечения является оптимизация взаимодействия между человеком и машиной не только в период эксплуатации, но и при изготовлении, и при утилизации технических компонентов. Таким образом, при систематизации подхода проектирования ин-

терфейса пользователя, можно привести некоторые основные функциональные задачи и принципы построения, которые должна решать система.

Принцип минимального рабочего усилия, имеющий два аспекта:

- минимизация затрат ресурсов со стороны разработчика ПО, что достигается путем создания определенной методики и технологии создания, свойственной обычным производственным процессам;
- минимизация затрат ресурсов со стороны пользователя, т.е. ЧО должен выполнять только ту работу, которая необходима и не может быть выполнена системой, не должно быть повторений уже сделанной работы и т.д.

Задача максимального взаимопонимания. Т.е. ЧО не должен заниматься, например, поиском информации, или выдаваемая на видеоконтрольное устройство информация не должна требовать перекодировки или дополнительной интерпретации пользователем.

Пользователь должен **запоминать как можно меньшее количество информации**, так как это снижает свойство ЧО принимать оперативные решения.

Принцип максимальной концентрации пользователя на решаемой задаче и локализация сообщений об ошибках.

Принцип учета профессиональных навыков человека-оператора. Это значит, что при разработке системы на основе некоторых задаваемых в техническом задании исходных данных о возможном контингенте кандидатов проектируется «человеческий компонент» с учетом требований и особенностей всей системы и её подсистем. Формирование же концептуальной модели взаимодействия человека и технических средств АСУ означает осознание и овладение алгоритмами функционирования подсистемы «человек - техническое средство» и овладение профессиональными навыками взаимодействия с ЭВМ.

Что понимать под интерфейсом

Пользовательский интерфейс - в данной главе это значит общение между человеком и компьютером.

Во многих определениях, интерфейс отождествляется с диалогом, который подобен диалогу или взаимодействию между двумя людьми. И точно как наука и культура нуждается в правилах общения людей и взаимодействия их друг с другом в диалоге, также и человеко-машинный диалог также нуждается в правилах.

Общий Пользовательский Доступ - это правила, которые объясняют диалог в терминах общих элементов, таких как правила представления информации на экране, и правила интерактивной технологии такие, как правила реагирования человека-оператора на то, что представлено на экране. В данном

курсовом проекте мы рассмотрим стандарт ОПД фирмы IBM разработанный совместно с компанией MICROSOFT для класса машин «АТ».

Компоненты интерфейса

На практическом уровне, интерфейс это набор стандартных приемов взаимодействия с техникой. На теоретическом уровне интерфейс имеет три основных компоненты:

- Способ общения машины с человеком-оператором.
- Способ общения человека-оператора с машиной.
- Способ пользовательского представления интерфейса.

Машина к пользователю

Способ общения машины с пользователем (язык представления) определяется машинным приложением (прикладной программной системой). Приложение управляет доступом к информации, обработкой информации, представлением информации в виде понятном для пользователя.

Пользователь к машине

Пользователь должен распознать информацию, которую представляет компьютер, понять (проанализировать) ее, и переходить к ответу. Ответ реализуется через интерактивную технологию, элементами которой могут быть такие действия как выбор объекта при помощи клавиши или мыши. Все это составляет вторую часть интерфейса, а именно язык действий.

Как пользователь думает

Первым двум компонентам интерфейса соответствуют правила ОПД для проектирования панели и интерактивных действий. Третью часть интерфейса составляет комплекс представлений пользователя о приложении в целом, что называется **пользовательской концептуальной моделью**.

Пользователи могут иметь представление о машинном интерфейсе, что он делает и как им работать. Некоторые из этих представлений формируются у пользователей в результате опыта работы другими машинами, такими как печатающее устройство, калькулятор, видеоигры, а также компьютерная система. Хороший пользовательский интерфейс использует этот опыт. Более развитые представления формируются от опыта работы пользователей с самим интерфейсом. Интерфейс помогает пользователям развивать представления, которые могут в дальнейшем использоваться при работе с другими прикладными интерфейсами.

Согласованный интерфейс

Ключ для создания эффективного интерфейса заключается в быстром, насколько это возможно, развитии у операторов простой концептуальной моде-

ли интерфейса. Общий Пользовательский Доступ осуществляет это через согласованность. Концепция согласованности состоит в том, что при работе с компьютером у пользователя формируется система ожидания одинаковых реакций на одинаковые действия, что постоянно подкрепляет пользовательскую модель интерфейса. Согласованность, обеспечивая диалог между компьютером и человеком-оператором, может снизить количество времени, требуемого пользователем как для того, чтобы изучить интерфейс, так и для того чтобы использовать его для выполнения работы.

Согласованность является свойством интерфейса по усилению пользовательских представлений. Другой составляющей интерфейса является свойство его конкретности и наглядности. Это осуществляется применением плана панели, использованием цветов и другой выразительной техники. Идеи и концепции затем обретают физическое выражение на экране, с которым непосредственно общается пользователь.

Согласованность - три размерности:

Говорить что интерфейс согласован - это все равно что говорить, что что-то есть больше чего-то. Мы вынуждены спросить: "Больше чем что?". Когда мы говорим, что интерфейс согласован, мы вынуждены спросить: "Согласован с чем?". Необходимо упомянуть некоторую размерность.

Интерфейс может быть согласован с тремя широкими категориями или размерностями: физической, синтаксической и семантической.

- **Физическая согласованность** относится к аппаратному обеспечению: схемы клавиатуры, расположения клавиш, использованию мыши. Например, будет иметь место физическая согласованность для клавиши F3, если она всегда находится в одном и том же месте независимо от использования системы. Аналогично, будет физически согласованным выбор кнопки на мышке, если она всегда будет располагаться под указательным пальцем.

- **Синтаксическая согласованность** относится к последовательности и порядку появления элементов на экране (язык представлений) и последовательности запросов действий требований (язык действий). Например: будет иметь место синтаксическая согласованность, если всегда размещать заголовок панели в центре и на верху панели.

- **Семантическая согласованность** относится к значению элементов, которые составляют интерфейс. Например, что означает "Выход"? Где пользователи делают "Выход" и что затем происходит?

Межсистемная согласованность

Общий Пользовательский Доступ содержит определения всех элементов

и интерактивной технологии. Но эти определения могут быть выполнены по-разному из-за технических возможностей специфических систем. Итак, общий интерфейс не может быть идентичным для всех систем.

Интерфейс на непрограммируемом терминале обеспечивает возможности, которые являются составляющими тех, которые обеспечивают интерфейс программируемых рабочих станций, из-за технических различий между двумя типами устройств.

Согласованность составных систем является балансом между согласованностью физической, синтаксической, семантической и стремлением получить преимущества оптимальных возможностей системы.

Преимущества согласованного интерфейса пользователя

Согласованный интерфейс приносит пользователям и разработчикам экономии времени и средств. Пользователи выигрывают от того, если им понадобится меньше времени, чтобы научиться использовать приложения, а затем при функционировании понадобится меньше времени для выполнения работы. Дополнительные выгоды для пользователя будут отражены в их отношении к приложениям.

Согласованный интерфейс сокращает уровень ошибок пользователя, повышает их чувство удовлетворенности от выполнения задачи и способствует тому, чтобы пользователь чувствовал себя более комфортно с системой.

Согласованный пользовательский интерфейс приносит выгоды и разработчикам приложений, позволяя выделить общие блоки элементов для интерфейса через стандартизацию элементов интерфейса и интерактивной технологии. Эти строительные блоки могут позволить программистам создавать и изменять приложения более просто и быстро. Например, из-за того, что одна и та же панель может быть использована во многих системах, разработчики приложений могут использовать одни и те же панели в различных проектах.

Хотя пользовательский интерфейс устанавливает правила для элементов интерфейса и интерактивной технологии, он допускает довольно высокую степень гибкости. Например, для интерфейса определены пять типов панелей, но допускается, что могут быть использованы панели специфического применения. Общий Пользовательский Доступ рекомендует использование определенных панелей, но, если это невозможно, то следует использовать специфические элементы определенных панелей.

Лекция 21 Управляющая вычислительная техника и системы реального времени в украине (состояние, проблемы, перспективы)

Специфика управляющей вычислительной техники

Задачи реального времени составляют одну из сложнейших и крайне важных областей применения вычислительной техники. Как правило, они связаны с контролем и управлением процессами, являющимися неотъемлемой частью современной жизни.

Управление прокатными станами, роботами, движение на автомагистралях, контроль за состоянием окружающей среды, управление атомными и космическими станциями и многое другое - область задач реального времени. Эти задачи предъявляют такие требования к аппаратному и программному обеспечению, как надежность, высокая пропускная способность передающей среды в распределенных системах, своевременная реакция на внешние события и т.д. Для выполнения этих требований и создаются системы реального времени, аппаратное и программное обеспечение которых рассмотрено ниже.

Имеется целый ряд специфических особенностей и требований к аппаратным и программным средствам вычислительной техники (ВТ) и информатики для систем управления, позволяющий рассматривать их как отдельный важный класс средств ВТ- управляющая вычислительная техника.

Работа управляющей ВТ с реальными объектами предполагает :

- тяжелые условия эксплуатации в конкретном производстве (энергетике, металлургии, химии, энергосетях, транспорте, сельском хозяйстве и т.п.);
- высокие требования по надежности этих средств (десятки и сотни тысяч часов).
- необходимость широкой номенклатуры средств связи с объектом и оператором (датчики, согласователи, преобразователи формы представления информации, исполнительные механизмы и автоматы, индикаторы и пульта, промконтроллеры и микропроцессорные комплексы, а также средства телекоммуникации и т.п.);

Использование управляющей ВТ в системах управления требует совместной работы различных организаций и предприятий, разрабатывающих и выпускающих средства ВТ, датчики, приборы низовой автоматики, исполнительные механизмы, щитовое оборудование, средства телекоммуникации, а также проектных, монтажных, пуско-наладочных и эксплуатирующих организаций. При этом в каждом конкретном случае

требуется разработка соответствующего объектно-ориентированного алгоритмического и программного обеспечения, а также соответствующее комплексирование технических средств.

Состояние управляющей ВТ в Украине

С момента своего становления и до недавнего времени Украина имела ряд славных приоритетов в области создания средств управляющей ВТ в Европе и в мире. Это и первая управляющая полупроводниковая ЭВМ, и первые опыты дистанционного управления производственными процессами, и позднее первые системы цифрового управления высокодинамичными процессами в термоядерных установках типа Токамак, и многие другие.

В Украине была сосредоточена большая часть предприятий бывшего Советского Союза, выпускающих управляющую вычислительную технику (Киев, Северодонецк, Харьков, Черновцы, Житомир, Ивано-Франковск и другие города) не только для нужд Союза, но и бывшего СЭВ.

Десятки тысяч систем управления на базе управляющей ВТ украинского производства развернуты на предприятиях Украины, стран СНГ и бывшего соцлагеря.

Созданы устоявшиеся информационные технологии, нормативно-техническая база (ГОСТы ОСТы и т.п.), которая по требованиям условий испытаний и эксплуатации во многих случаях жестче международных стандартов, накоплен большой опыт проектирования АСУ на базе этих средств, налажены службы пуско-наладки, ремонта, эксплуатации и т.п.

Если бы не общий спад производства в Украине, положение с управляющей ВТ в Украине можно было бы считать удовлетворительным. И хотя отечественная управляющая ВТ более громоздка, уступает зарубежным образцам по дизайну и эргономике, главное, что по функциональным возможностям и по надежности она, в основном, удовлетворяет требованиям производства.

Производить или закупать?

Относительно высказываний о том, что вычислительная техника в Украине безнадежно отстала от зарубежной, производить ее не следует, а необходимо закупать за рубежом, то это практически не относится к классу управляющей ВТ. На этом важном моменте следует остановиться более подробно.

Восстановление производства в Украине невозможно без поддержания работоспособности существующих систем управления, для многих из которых

уже вышел или выходит ресурс службы. Кроме того, для модернизации систем управления или их тиражирования на подобные объекты необходимо некоторое время сохранять выпуск существующих системно согласованных средств управляющей ВТ. Это же относится и к возможности продолжения экспорта управляющей ВТ в страны СНГ.

Поэтому при решении вопроса о закупке за рубежом или собственном производстве управляющей вычислительной техники необходимо учитывать:

- необходимость сохранения системной совместимости всей гаммы средств управляющей ВТ от датчиков и устройств связи с объектом до контроллеров и компьютеров;
- наличие сложившихся традиций и технологических цепочек от проектирования, монтажа, пуско-наладки до ремонта и эксплуатации систем управления;
- невозможность закупки объектно-ориентированного программного обеспечения и необходимость перенесения его на закупаемую технику;
- необходимость защищенности информации (в сфере обороны) и независимости от внешнего поставщика (при эксплуатации, модернизации и тиражировании систем управления);
- потерю возможного экспорта средств управляющей ВТ из Украины в страны СНГ и Восточной Европы;
- значительно более низкую стоимость отечественной управляющей техники по сравнению с импортной;
- необходимость переориентации имеющегося громадного научно-технического и производственного потенциала;
- необходимость громадных валютных затрат на приобретение импортной техники, которые будут не под силу Украине, имеющей большие экономические проблемы.

Кроме того, импортная управляющая ВТ в реальных условиях нашего химического, металлургического и т.п. производств по ТУ работать не может.

Анализ вышеизложенного указывает не только на нецелесообразность или невозможность закупки импортной управляющей ВТ, а на недопустимость таких шагов для Украины.

Недостатки и проблемы

Указанное выше, однако, не говорит, что в организации производства и использования отечественной управляющей вычислительной техники нет недостатков и проблем. К сожалению их более, чем достаточно :

- с развалом Союза и связей есть некоторые пробелы во всей гамме средств управляющей вычислительной техники (не производятся некоторые типы датчиков, индикаторов, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, элементная база и др.);

- не обосновано широкое многообразие входных и выходных сигналов датчиков и исполнительных устройств, принятое в действующих стандартах Государственной системы приборов (ГСП), что приводит к широкой номенклатуре модулей связи с объектом и усложнению комплексирования систем;

- не освоено производство перспективных датчиков с цифровым выходом;

- датчики, исполнительные устройства и средства управляющей ВТ производятся разными предприятиями, аттестуются отдельно и в ряде случаев либо не стыкуются , либо не обеспечивают системных показателей;

- в Украине существует ряд архитектурных линий средств управляющей ВТ (СМ ЭВМ, АСВТ-ПС, КТС ЛИУС и ПК в системе МикроДАТ, МСКУ, КТС ДУ, телекомплексы, промконтроллеры, локальные сети и др.), одни из которых дополняют, другие дублируют друг друга (без достаточного согласования), что затрудняет комплексирование сложных систем и сдачу “под ключ”;

- отсутствуют системные стандарты для оценки качества систем управления;

- слабая элементная и технологическая база, недостаточно развито сервисное программное обеспечение и др.

Возможные направления развития и пути решения проблемы

Интеллектуальный и научно-технический потенциал в области управляющей ВТ в Украине столь велик и значителен, что при соответствующей государственной поддержке и правильной организации работ вполне возможно создание конкурентоспособной отрасли электронного машиностроения, фундамент которой необходимо закладывать уже сейчас.

Можно предложить два этапа в развитии управляющей ВТ и обеспечении ее конкурентоспособности.

На первом этапе (модернизация и совершенствование средств управляющей ВТ) необходимо:

- 1).Выполнить анализ существующих архитектурных линий средств управляющей ВТ в Украине и сформировать функционально-полный ряд из числа наиболее перспективных и массово используемых средств.

Восстановить производство сформированного ряда средств для поддержания работоспособности существующих систем управления и их модернизации для собственных нужд и возможного экспорта в страны СНГ.

Одновременно с этим разработать системные стандарты, обеспечивающие комплексирование и сдачу “под ключ” систем управления и качественное их функционирование.

2). Освоить производство РС-совместимой управляющей вычислительной техники с закупкой недостающих комплектующих и инструментальных средств, что создаст дополнительные удобства и совместимость с классом наиболее распространенных в Украине персональных ЭВМ, часто используемых на верхних уровнях систем управления.

3). Разработать и освоить модульные средства управляющей ВТ на базе современных сигнальных процессоров (например, серий ADSP или TMS) в широком диапазоне производительности:

- от одной платы, встраиваемой в ПЭВМ, для поддержки таких перспективных информационных технологий как виртуальные приборы, мультимедиа (распознавание и синтез речи, обработка изображений) и др.;

- до мультипроцессорных высокопроизводительных комплексов для автоматизации научных экспериментов и испытаний объектов новой техники, обработки информации в гидроакустике, радиолокации, сейсморазведке и др.

На втором этапе (разработка и создание конкурентоспособных средств управляющей ВТ) необходимо:

1). Разработать новые физические постановки задач, не ориентированные на традиционную управляющую технику.

2). Осуществить переход от измерительной (статической) модели цифрового представления непрерывных сигналов к динамическим моделям, учитывающим специфику и требования систем реального времени, с системными критериями качества, охватывающими весь контур управления, и на их базе создать новые теоретические и информационные основы.

3). Разработать датчики на новых физических принципах и датчики с цифровым выходом, повысить уровень интеллекта датчиков и исполнительных автоматов, минимизируя количество преобразований формы представления информации, выделяя и используя только полезную информацию об изменении параметров или характеристик сигналов.

4). Разработать новые принципы отображения комплексных параметров о состоянии сложных объектов на операторских станциях (например, с помощью

когнитивной графики), методы решения задач верификации штатных ситуаций, нечеткой логики, моделирования и оценки последствий принимаемых решений, методы контроля психофизического состояния оператора.

Практически по всем этим направлениям имеются заделы в Национальной Академии наук

В частности, как показывает опыт разработок Института кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины в самых различных областях, новые физические постановки задач, не ориентированные на традиционную управляющую технику, позволяют, в ряде случаев, на несколько порядков повысить эффективность систем обработки информации и управления.

Динамическая теория информации [3], основы которой разработаны в Институте кибернетики, базирующаяся на динамических моделях систем реального времени, обеспечивает выделение из сигнала только полезной (динамической) информации об изменениях сигнала. При этом разработаны новые методы цифрового представления непрерывных сигналов, методы и алгоритмы аналого-инкрементного преобразования и обработки информации.

Разработанные алгоритмы и технические средства, реализованные на отечественной элементной базе, были апробированы в ряде систем управления быстроизменяющимися процессами, в частности, в двухпроцессорном комплексе для управления положением плазмы в термоядерных установках типа Токамак “Туман-3М” (НИИ ЭФА г. Санкт-Петербург) и Т15 (ИАЭ г. Москва) и показали высокую оперативность и качество управления [6-8]. За рубежом для аналогичных целей были проекты использования супер-ЭВМ “Cray-1” и 16-ти транспьютерного комплекса.

В настоящее время динамическая теория информации эффективно используется для цифрового представления и обработки изображений, а также при решении систем алгебраических, дифференциальных (обыкновенных и в частных производных) и интегральных уравнений.

Имеются наработки и по датчикам на новых физических принципах, в частности, на явлении объемного резонанса в металлах, и по другим вопросам.

Указанные подходы даже на слабой отечественной технологии производства БИС позволяют создавать средства управления, не уступающие по параметрам лучшим зарубежным образцам, но более простые и дешевые.

Организационные мероприятия

Важными организационными мероприятиями для восстановления производства управляющей ВТ и обеспечения ее конкурентоспособности, по мнению автора, могли бы быть:

1) государственное регулирование импорта управляющей ВТ, полноценные аналоги которой производятся в Украине;

2) создание структурного подразделения штатных и привлекаемых по контракту из других организаций высокопрофессиональных специалистов системщиков ('Службы Главного Конструктора') под эгидой Министерства по вопросам науки и технологий, Национальной Академии наук и Министерства промышленной политики с соответствующими полномочиями и ответственностью, которое должно сделать системную постановку проблемы, определить системные показатели качества, разработать концепцию единой системы средств для интегрированных систем управления, максимально объединив гражданское и военное применения, требования по стандартизации и унификации с учетом мировых и национальных стандартов и соглашений, разработать программу создания единой системы средств и организовать контроль за ее реализацией;

3) создание ассоциации (концерна) организаций и предприятий, разрабатывающих и производящих средства управляющей ВТ, проектирующих системы управления и осуществляющих их пуско-наладку, объединенных единой технической политикой, направленной на сдачу систем "под ключ".

1. Національна програма інформатизації. Першочергові заходи на період 1996-2000 р.р. Київ, 1995. - 48с.

2. Концепция развития технических средств систем управления на период 1994-2000 г.г. , г. Северодонецк, 1993. -19с.

3. Боюн В.П. Теоретико-информационные основы преобразования и обработки информации в системах реального времени . //Проектирование и применение средств микропроцессорной техники: сб. науч. тр. - Киев: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова АН УССР. 1986. - с. 9-17.

4. Малиновский Б.Н., Боюн В.П., Козлов Л.Г. Введение в кибернетическую технику. Параллельные структуры и методы Киев: Наукова Думка, 1989. -248 с.

5. Проблемно-ориентированные и специализированные средства обработки информации. Т.5 / А.И. Аксенов, В.В. Аристов, В.П. Боюн и др. - Киев: Наукова думка. 1990. - 504 с.

Лекция 22 Комплекс технических средств локальных информационно-управляющих систем.

1. Задачи и алгоритмические функции КТС.
2. Морфологическое описание КТС.
3. Номенклатура модулей.
4. Системная оптимизация номенклатуры.
5. Совместимость агрегатных модулей.
6. Унифицированные интерфейсы (УИ).
7. Унифицированные типовые конструкции (УТК).

Конкретизируя понятие "техническая система" в области контроля и автоматического управления технологическими процессами, будем понимать под ним сложное изделие – комплекс технических средств (КТС). Для рассматриваемого применения можно выделить три самостоятельных группы КТС, обеспечивающих различные возможности выполнения функций контроля и управления.

первичные преобразователи, вторичные приборы, одноканальные регуляторы, интеграторы (сумматоры), индикаторы, средства автономного контроля и управления, исполнительные механизмы, образующие первый, нижний уровень в иерархии системы.

комплексы технических средств локальных систем контроля и управления, входящие в два нижних уровня иерархической структуры системы управления объектом.

управляющие вычислительные комплексы (УВК), реализующие верхние уровни иерархии.

Для обеспечения условия взаимной совместимости комплексов в рамках проектируемой системы, а также производственных и эксплуатационных достоинств, при проектировании используется агрегатно-модульный принцип построения системы. Это принцип позволяет инженеру-проектировщику создавать сложные системы, проектным путем не задумываясь о проблеме взаимной стыковки технических средств в системе.

Разработке КТС для локальных информационно-управляющих систем, охватывающих два нижних уровня иерархической структуры, предшествует длительная работа, совместно с проектными организациями, по составлению перечня функций, реализуемых в алгоритме управления (алгоритмических функций – АФ), локальными системами автоматизации технологических объ-

ектов в той или иной отрасли промышленности (металлургической, нефтедобывающей, нефтехимической, угольной) и в непромышленной сфере - (мониторинг окружающей среды, городское коммунальное хозяйство, медицина, биология, научные исследования и т.п.).

В процессе этой работы уточняются основные задачи, которые должен решать проектируемый комплекс: диспетчеризация, контроль, автоматическое управление, программное управление, документирование, передача информации и др.

Алгоритмические функции КТС могут быть сгруппированы в следующие пять подмножеств:

- сбор и обработка информации от первичных преобразователей и приборов и от КТС смежных локальных подсистем;

- стабилизация технологических параметров (автоматическое регулирование), включающая различные коррекции и адаптивные алгоритмы;

- обмен информацией между подсистемами одного уровня, разных уровней, а также реализация телемеханических связей с использованием различных каналов связи (проводных, радио, оптических);

- программное управление на базе субкомплекса программируемых контроллеров или командоаппаратов;

- отображение информации для целей диспетчеризации, оперативного управления технологическим процессом, документирования протоколов и диагностики состояния процесса.

В терминах системотехнического проектирования эта работа является функциональным описанием комплекса технических средств ЛИУС.

Следующим этапом проектирования является составление морфологического описания КТС. На этом этапе решаются следующие вопросы:

- Определение структуры комплекса.

Эта работа выполняется на основе накопленного опыта при разработке предыдущих поколений КТС ЛИУС и опыта зарубежных фирм. В результате должен быть определен достаточно полный набор модулей, способных выполнять алгоритмические функции, определенные в функциональном описании КТС. При этом следует иметь в виду, что применение микропроцессорных средств позволяет реализовать заданные функции, как аппаратным, так и программным путем. Использование программных средств позволяет существенно уменьшить номенклатуру аппаратных средств за счет увеличения объема работ по программированию для каждой конкретной системы.

- Кроме определения номенклатуры функциональных модулей и вспомога-

тельных устройств (источников питания, устройств сигнализации, контроля, различных сервисных устройств), в структуру комплекса входят компоновочные изделия, с помощью которых осуществляется объединение функциональных модулей при реализации конкретного заказа. Применение современной микроэлектронной элементной базы позволяет реализовать функциональный модуль на одной печатной плате. В качестве основного компоновочного изделия при этом выступает каркас с установленными на нем разъемами, объединенными шинами внутрикаркасного (внутриблочного интерфейса).

Выбор внутриблочного интерфейса.

Правильное решение этой задачи имеет принципиальное значение. Интерфейс определяет функциональные возможности КТС в целом, такие как количество устанавливаемых модулей, быстродействие обмена информацией между модулями, возможность применения разработок других фирм изготовителей. Применение широко распространенных интерфейсов позволяет упростить решение задачи сопряжения модулей, применяя типовые решения согласователей, использовать модули других фирм, уделяя основное внимание разработке лишь оригинальных устройств. Краткая характеристика интерфейсов будет приведена в последующих разделах, а более подробно в соответствующих курсах дисциплин.

Выбор конструктивной базы.

Разработка конструктивной базы, подготовка ее производства требует значительных материальных затрат и может быть рентабельной лишь при выпуске достаточно крупных партий. Кроме этого, при проектировании систем возникает необходимость использования изделий различных агрегатных комплексов (например, при проектировании локальных систем могут быть использованы устройства, входящие в агрегатный комплекс средств электроизмерительной техники – АСЭТ). Поэтому разработка конструктивной базы выходит за рамки потребностей одного агрегатного комплекса и при проектировании КТС такая задача не ставится. Необходимо лишь выбрать конструктивное решение, из числа унифицированных типовых конструкций, наилучшим образом удовлетворяющее как требованиям структурной реализации, так и условиям эксплуатации комплекса.

Информационное описание комплекса на стадии макропроектирования как правило не детализируется. Этот этап может быть выполнен лишь после описания работы внутриблочного интерфейса, интерфейса внешних связей и анализа потоков информации в контурах, связывающих источники информации, активные элементы и приемники информации.

Определение номенклатуры агрегатных модулей

При определении номенклатуры модулей, входящих в КТС, как правило, используют "закон необходимого разнообразия", сформулированный американцем У.Р. Эшби. Этот закон, применительно к комплексам технических средств, может быть сформулирован следующим образом: разнообразие управляющей системы должно быть больше разнообразия управляемого процесса или объекта.

Из этого закона следует вывод, что любой КТС должен проектироваться как "открытая" система, так как исходная номенклатура его модулей рано или поздно может оказаться недостаточной для построения системы управления новым объектом.

Комплекс технических средств локальных систем на нижних уровнях иерархической структуры должен обеспечивать возможность решения типовых функциональных задач, сгруппированных в пять типовых подмножеств. Для каждой локальной системы формируется свой перечень функций из этих типовых подмножеств, которые входят в различных сочетаниях в алгоритм управления, реализуемый системой. Сочетание функций и их взаимосвязь в алгоритме конкретной системы не могут быть определены без детального изучения технологического объекта и могут меняться по мере дальнейшего углубления представлений об объекте в результате дополнительных исследований и в процессе эксплуатации системы.

Учесть все возможные изменения в ходе проектной компоновки вряд ли возможно, поэтому система должна быть открыта для последующих изменений и дополнений.

Реализация такой системы возможна с использованием принципа агрегатирования, который базируется на идее совместимости отдельных частей в технической системе. Для воплощения этого принципа в проекте необходимо выполнить ряд проектных процедур, состоящих в следующем:

в самом начале проектирования – на этапе эскизного проекта подвергнуть техническую систему декомпозиции для выявления ее структуры и связей между элементами;

детализировать обобщенное понятие совместимости составных частей системы;

разработать методику синтеза из совместимых составных частей конкретных вариантов реализации системы.

При разработке структуры технической системы следует рассматривать несколько уровней описания системы. Как правило, говорят о функциональной,

конструктивной и алгоритмической структурах системы. Однако, не зависимо от языка и уровня описания структуры, можно сформулировать общие принципы декомпозиции.

На первом этапе производится сравнение между собой конкретных реализаций технических систем, относящихся к одному классу. На основании сравнения выделяется та часть, которая является общей для всех реализаций, т.е. не подвергается изменениям при тиражировании систем этого класса – ядро системы и переменная часть, изменяющаяся по составу и (или) по характеристикам для каждой реализации.

Далее, осуществляют декомпозицию переменной части технической системы, выделяя в ней более мелкие составные части, таким образом, чтобы их номенклатура обеспечивала при умеренной избыточности множество реализаций в данном классе систем.

Анализ оптимальности номенклатуры составных частей системы с точки зрения их производства и использования возможен лишь для заданного множества реализаций систем данного класса.

Однако на ранних стадиях проектирования это множество реализаций размыто и приходится прибегать к прогнозированию будущих реализаций, основываясь на анализе некоторого фиксированного множества вариантов, известных для систем данного класса. При этом оценивают не только технические отличия вариантов, но и те вероятности, с которыми следует ожидать появления каждой реализации за время "жизненного цикла" технической системы. С этой целью производят разбиение множества всех возможных реализаций на непересекающиеся подмножества (подклассы), объединяющие наиболее близкие по техническим параметрам и характеристикам реализации, которым естественно приписываются одинаковые вероятности. В любой технической системе можно выделить, по крайней мере, три таких подкласса: наиболее вероятные для данного класса систем; менее вероятные и более простые, чем в первом подклассе; менее вероятные и более сложные, чем в первом подклассе.

При таком подходе можно осуществить выделение ядра и провести декомпозицию переменной части технической системы, основываясь на наиболее вероятных реализациях, входящих в первый класс, а затем рассмотреть дополнительные требования к выделенным составным частям в двух остальных подклассах. Такой анализ приводит, как правило, к некоторому расширению номенклатуры составных частей, которое в большинстве случаев является оправданным.

Задача оптимизации номенклатуры агрегатных модулей комплекса, со-

стоящая в минимизации состава комплекса при заданных функциональных, эксплуатационных, технологических, стоимостных и других ограничениях, как правило, не поддается формализации.

Можно выделить два аспекта оптимизации номенклатуры модулей, соответствующие системной и аппаратной оптимизации. Под системной оптимизацией понимается определение номенклатуры модулей, необходимой и достаточной для реализации всех функций контроля и управления в заданном классе технологических объектов. Под аппаратной – рациональное схемное и конструктивное решение каждого из агрегатных модулей.

На начальной стадии системной оптимизации для каждой из пяти алгоритмических функций, составляется типовой функциональный комплекс – ТФК. Рассматривая возможные структурные схемы этих комплексов, следует выделить общие составные части в их структуре.

1. Комплекс ТФК-И, реализующий функции информационного сопряжения с объектом, персоналом, смежными по вертикали и горизонтали комплексами и обеспечивающий:

- сбор информации от первичных преобразователей и приборов, устройств ручного управления (выключатели, клавиатура) или от смежных подсистем;
- первичную математическую обработку информации – масштабирование, линеаризацию, введение поправок, усреднение, интегрирование, сравнение и др.;
- хранение, формирование и вывод информации на устройства отображения и регистрации или в подсистемы отображения технологической информации;
- сопряжение с управляющими вычислительными комплексами, с периферийными изделиями, заимствованными из этих комплексов, с информационно-измерительными подсистемами и отдельными приборами из номенклатуры агрегатных средств электроизмерительной техники.

2. Комплекс ТФК-Р, предназначенный для непосредственного цифрового регулирования технологических параметров и предусматривающий:

- сбор информации от первичных преобразователей и приборов, ввод уставок от устройств ручного ввода, хранение уставок и получение необходимой для управления информации от смежных подсистем;
- вычисление необходимых управляющих воздействий;
- вывод и преобразование (декодирование, усиление, гальваническая развязка) командной информации на исполнительные устройства объекта;

- защита при отказах элементов комплекса путем безударного (т.е. с сохранением значений управляющих воздействий, предшествующих отказу) переключения на ручное управление исполнительными устройствами.

3. Комплекс ТФК-П, предназначенный для осуществления связи между подсистемами и отдельными, достаточно удаленными друг от друга комплексами. При этом реализуются следующие функции:

- получение данных от смежных функциональных комплексов или от периферийного оборудования;
- обмен информацией между отдельными рассредоточенными комплексами локальных подсистем, сопряжение этих комплексов с управляющими вычислительными комплексами;
- обмен информацией с удаленными системами по телефонным, радио, оптическим, спутниковым и другим каналам связи.

4. Комплекс ТФК-Л, решающий задачи программно-логического управления, в том числе:

- начальный ввод и оперативное изменение программ на одном из естественных языков, удобном для оператора-технолога;
- сбор информации от дискретных первичных преобразователей, дискретизация сигналов от аналоговых первичных преобразователей либо получение необходимой информации от смежных подсистем;
- обработка информации по заданной программе, с учетом временных интервалов, задаваемых, встроенными в комплекс, программируемыми таймерами;
- вывод и преобразование сигналов для воздействия на исполнительные устройства объекта.

4. Комплекс ТФК-Э, обеспечивающий отображение технологической информации, необходимой для эксплуатационного персонала, а также:

- ручной ввод информации с помощью оперативно-диспетчерского оборудования;
- ручное управление некоторыми технологическими параметрами;
- обработку (редактирование, проверку достоверности и т.п.), хранение и подготовку данных для смежных локальных подсистем, локального координатора и вышестоящих уровней системы;
- хранение, преобразование информации, полученной от смежных или вышестоящих подсистем, ее отображение и регистрацию в удобной для восприятия и последующего анализа форме.

Структуры ИВК

Элементы системы взаимодействуют между собой самым различным образом: механическим, электрическим, информационным. Информация об одной и той же структуре может выражаться в различной форме: в виде графических изображений с использованием условных знаков, совокупности числовых данных, таблиц и т. д. В зависимости от того, какие действия с информацией о структуре предполагается производить, выбирается тот или иной вид формализации.

Описание структуры различными видами формализованной записи становится эффективным инструментом анализа и синтеза тогда, когда установлены правила перехода от одного вида записи к другому. При соблюдении этого условия виды описания одной структуры становятся дополнительными по отношению друг к другу, и все вместе дают полное описание структуры.

При рассмотрении ИВК можно выделить конструктивные, энергетические и информационные структуры. Структура конструкции системы содержит информацию о механическом взаимодействии элементов системы (компонентов, плат, модулей, блоков, и др.). Эта структура отражена в комплекте рабочих чертежей системы и соответствующей документации.

Структура энергетических связей содержит информацию об источниках и потребителях электрической энергии. Эта структура отражена в схеме соединений элементов системы, но иногда выделяется как отдельное описание, объясняющее специфику источников и приемников энергии и связывающих их линий передачи.

Структура информационных связей содержит сведения о том, каким образом происходит обмен информацией. Она является наиболее важной и первичной по отношению к другим структурам.

Для системного обмена информацией первым важнейшим условием является организация таких связей в системе, которые обеспечивали бы (при заданных временных характеристиках и надежности) прохождение всех информационных потоков в системе. Решение этой задачи обеспечивается:

- 1) выбором эффективных протоколов обмена информацией между элементами системы,
- 2) определением оптимальной структуры информационных связей,
- 3) выбором алгоритмов и средств обработки информации, позволяющих уменьшить интенсивность информационных потоков за счет промежуточного сжатия информации, и т. д.

Вторым важнейшим условием является обеспечение качества информации на всех стадиях получения, обмена, обработки и представления. Выполнение этого условия также связано как с выбором способов обмена, обеспечивающих необходимую подробность дискретизации по времени и значению, так и с алгоритмами и средствами получения и обработки информации.

Для ИВК можно выделить следующие общие характеристики: 1) количество источников и потребителей информации, 2) расположение источников и приемников в пространстве, 3) мощность потоков информации, поступающих и уходящих из системы (или устройства), 4) зависимость мощности информационных потоков от времени и т. д. Эти характеристики определяют количественную сторону обмена информацией.

Описание свойств системы, содержащее сведения о потоках информации и отражающее взаимодействие этих потоков, является *структурой информационного взаимодействия*. Наиболее распространенным способом представления структур информационного взаимодействия является *структура информационных связей* (СИС) между аппаратными средствами ИВК. Такая структура

изображает каждое устройство, входящее в состав ИВК и участвующее в обмене информацией, в виде прямоугольника, внутри которого имеется название или условное обозначение этого устройства.

Двойными линиями со стрелками показываются информационные связи, по которым идет обмен дискретными сигналами, а одинарными – связи, по которым происходит обмен аналоговыми сигналами. Достоинством этих структур является их наглядность, позволяющая отождествить каждый материальный объект, входящий в ИВК, с его функциональным назначением в информационном обмене. Далее под термином «структура» подразумевается СИС, а под термином «конфигурация» – типовой фрагмент СИС.

Многие ИВК имеют в своем составе один или несколько серийных управляющих вычислительных комплексов (УВК). Наиболее распространенная структура такого ИВК показана на рис. 7.1.

Она включает в себя УВК и некоторое число устройств, объединенных магистральным видом обмена. Эта магистраль связана с магистралью УВК через устройство, называемое контроллером ветви (КВ). Конфигурация, состоящая из КВ, магистрали и подключенных к ней устройств, называется ветвью ИВК.

В том случае, когда устройство не может быть непосредственно подключено к магистрали, оно связывается с ней через сопрягающее устройство, называемое адаптером (А). Возможны коллективные адаптеры (КА), обслуживающие несколько устройств.

В тех же случаях, когда по тем или иным причинам необходимо разделить средства, входящие в ИВК, на отдельные комплексы технических средств (КТС), применяется многоветвяная структура (рис. 7.2). При этом несколько ветвей В1-Вn, имеющих внутреннюю структуру подобную рис. 7.1, подключаются КВ1-КВn к магистрали УВК. В общем случае интерфейсы ветвей В1-Вn могут быть различными.

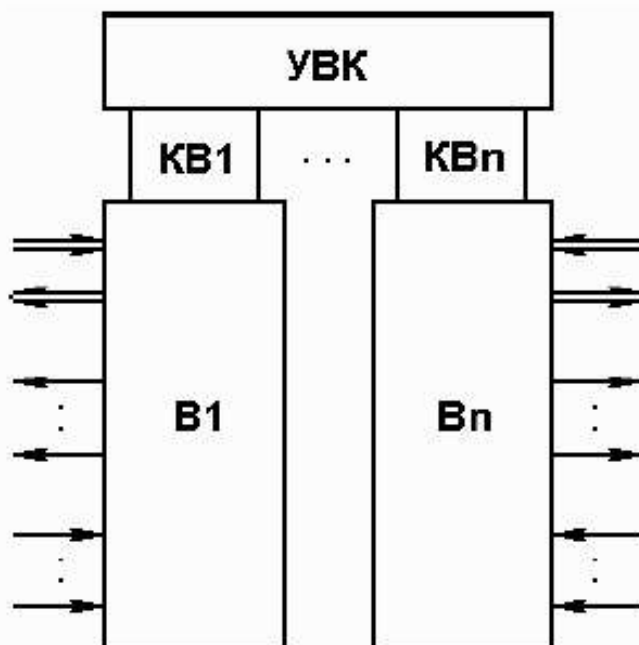


Рис. 7.2. Структура многоветвяного ИВК

Для создания рассредоточенных ИВК применяются двухуровневые структуры радиального типа (рис. 7.3).

В этих структурах УВК1-УВКm, имеющие свои ветви, подключены к УВК" второго уровня через устройства межмашинной связи (УМС).

Для обмена между частями УМС, расположенными в УВК" и УВК1-УВКm, используются радиальные последовательные интерфейсы, позволяющие разнести их на расстояние до 1-3 км.

Рассмотренные структуры не могут обеспечить решения всего многообразия задач.

В одноуровневых ИВК возникают следующие проблемы: 1) необходимость получения и обработки больших потоков информации, превышающих возможности магистрали и средств обработки информации; 2) необходимость снижения уровня помех, создаваемых коллективной работой устройств; 3) необходимость дистанционного удаления некоторых устройств; 4) невыгодность (избыточность) применения серийного УВК в каждом ИВК; 5) невыгод-

ность подключения к общей магистрали устройств, обмен с которыми ограничивается передачей простых управляющих воздействий.

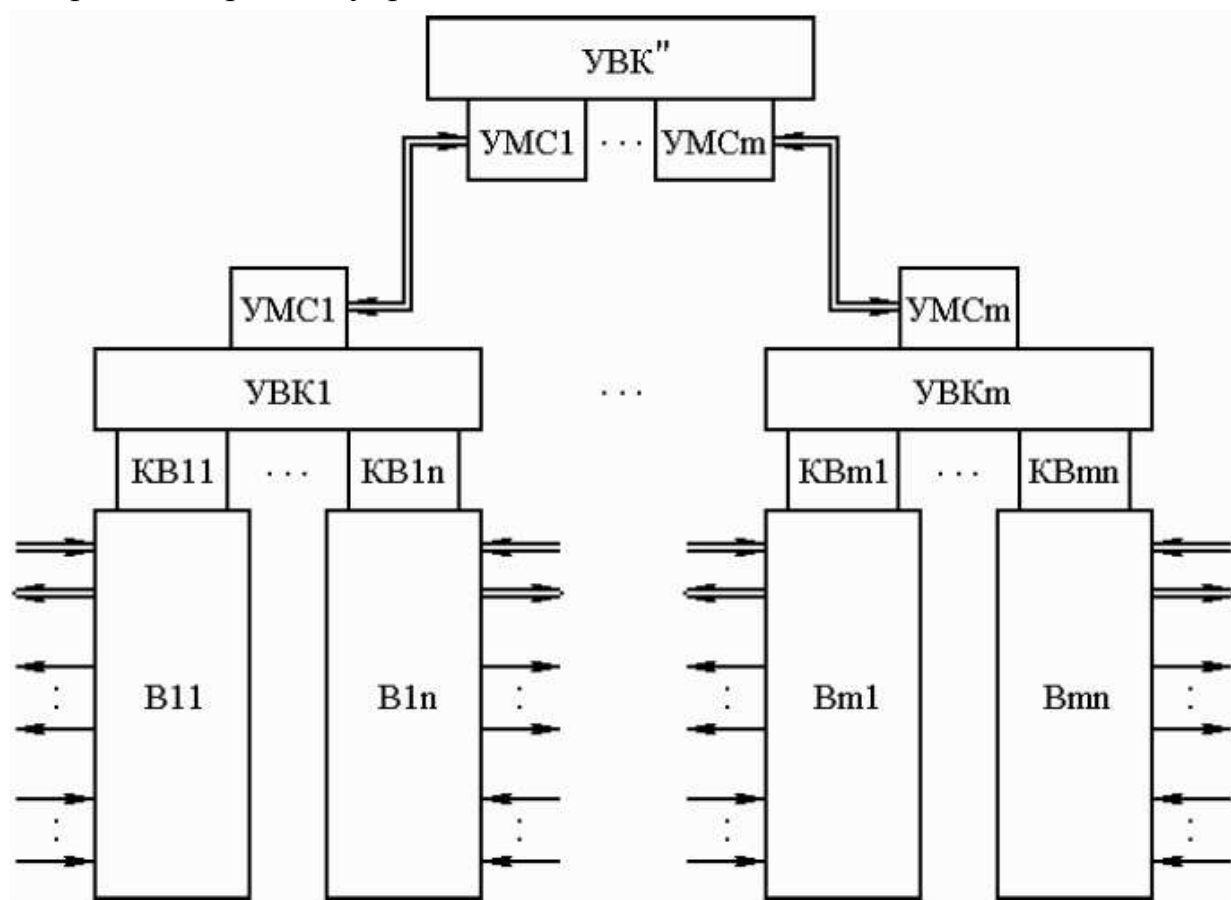


Рис. 7.3. Структура двухуровневого ИВК радиального типа

Решение указанных проблем возможно различными методами, часть из которых относится к повышению степени автономности и функциональных возможностей устройств, входящих в состав ветви.

Структура одноуровневого ИВК, в составе которого отсутствует серийный УВК, приведена на рис. 7.4.

В этой структуре все устройства подключены к одной магистрали и выполняют не только функции получения информации, но и функции обработки, управления и хранения информации. Обмен с персоналом также осуществляется устройствами, подключенными к магистрали через соответствующие адаптеры.

Для примера на рис. 7.4 в состав ИВК включены процессор 13, запоминающие устройства 14, 15. Назначение остальных устройств такое же, что и на рис. 7.1. Связь такого ИВК с другими ИВК или УВК второго уровня осуществляется через УМС. Такие ИВК позволяют создавать структуры с распределенной обработкой.

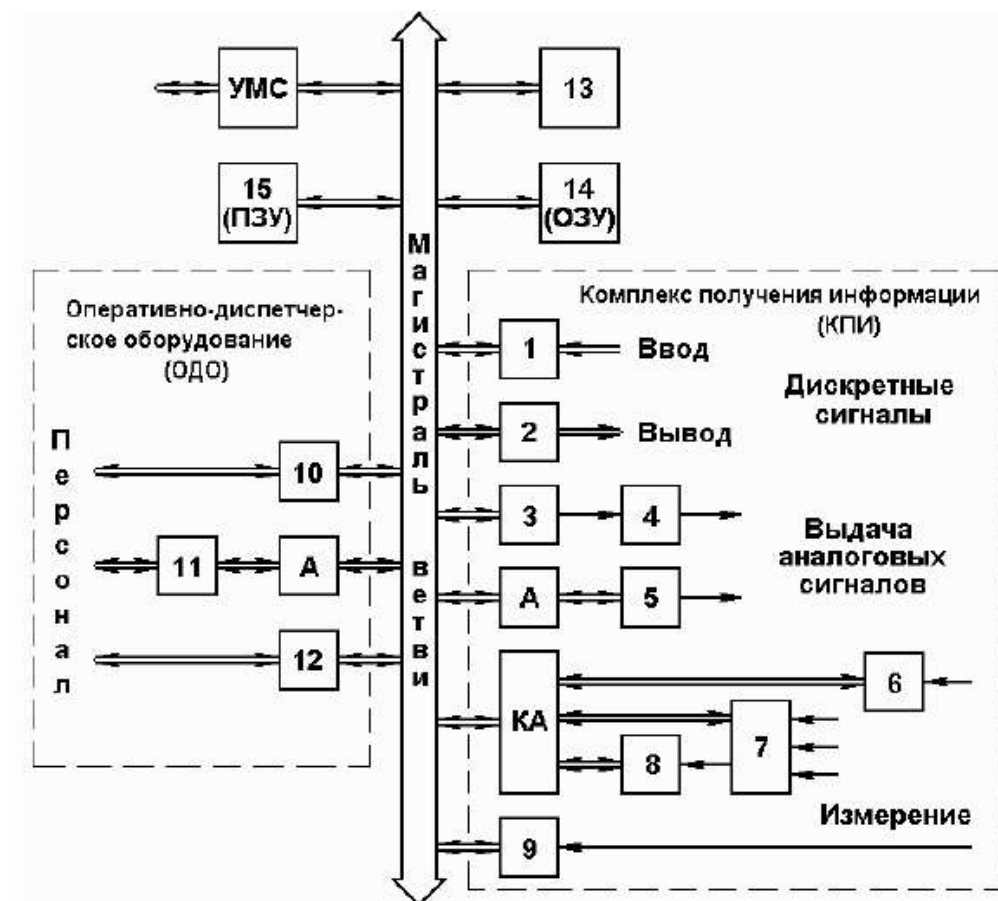


Рис. 7.4. Структура однопроцессорного модульного ИВК

Дальнейшим развитием таких структур являются структуры, приведенные на рисунках 7.5-7.7. На рис. 7.5 показано несколько процессоров, работающих на одной магистрали. Это одноуровневый мультипроцессорный ИВК.

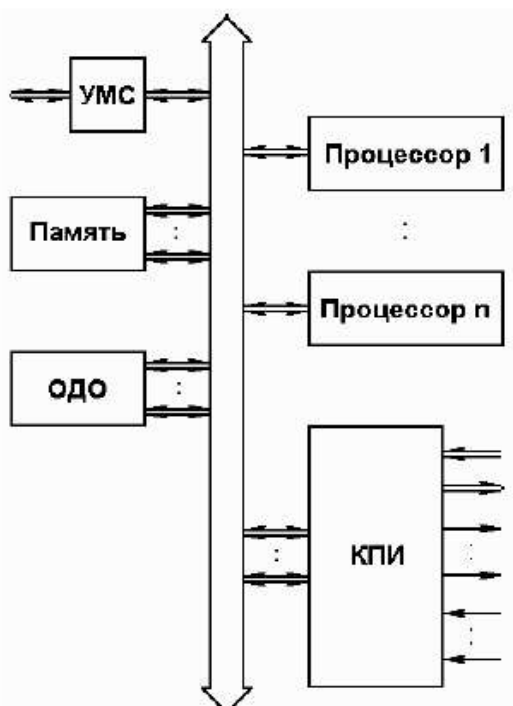


Рис. 7.5. Структура многопроцессорного модульного ИВК

На рис. 7.6 показана структура однопроцессорного ИВК, в которой устройства подключаются к одной или нескольким магистралям, образующим систему магистралей.

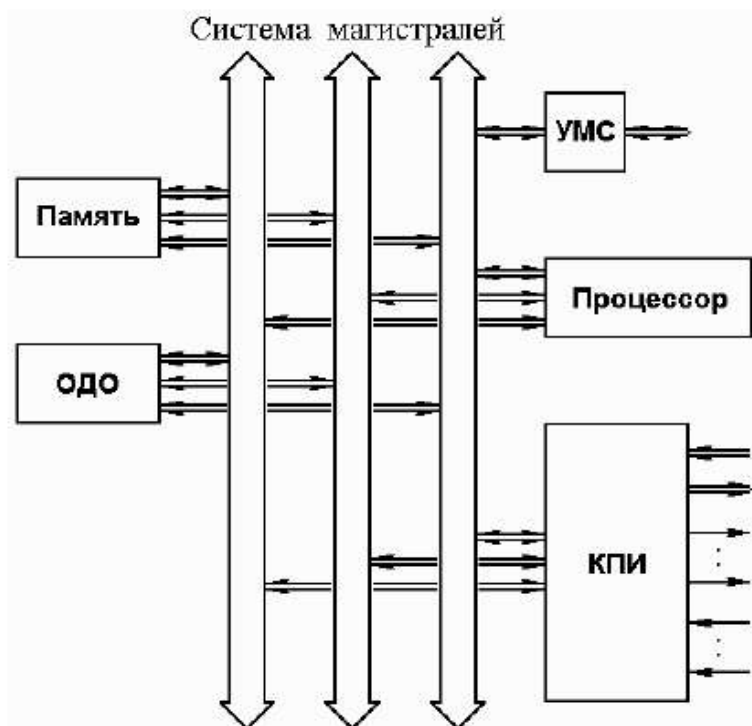


Рис. 7.6. Структура ИВК с системой магистралей

Структура многопроцессорного ИВК с системой магистралей приведена на рис. 7.7.

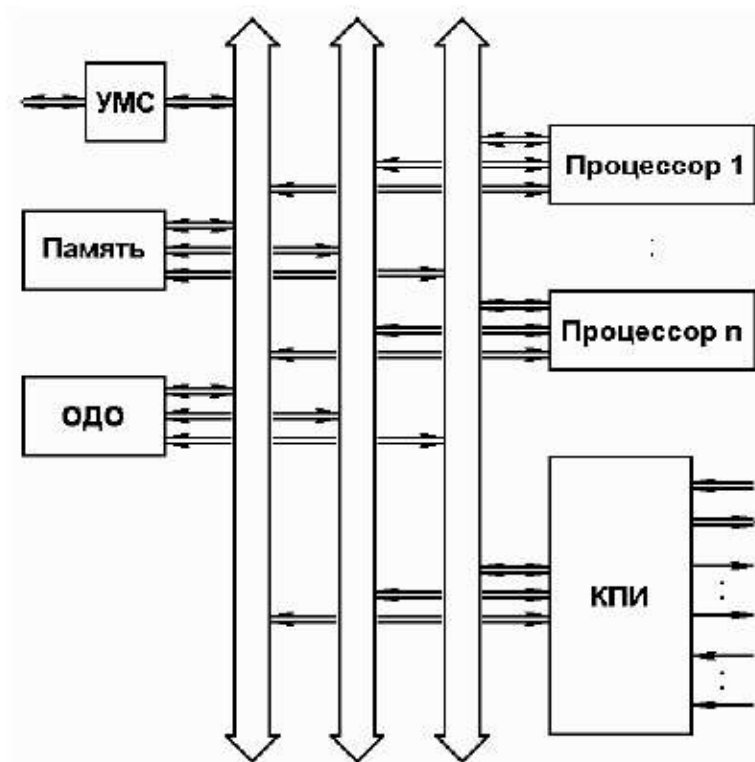


Рис. 7.7. Структура многопроцессорного ИВК с системой магистралей

Применение этих структур позволяет решить перечисленные выше проблемы. Повышение производительности достигается за счет структур с распараллеливанием магистралей. Снижение уровня помех, возможность удаления устройств на значительные расстояния и упрощение обмена с малоинформативными устройствами достигается за счет структур рис. 7.6-7.7.

Для повышения надежности процесса испытаний используются структуры с резервированием. Возможны два типа структур, повышающих надежность: построенные по принципу дублирования и мажоритарные структуры.

В дублированных структурах обязательно применение во всех ее составных частях встроенного контроля исправного состояния. В мажоритарных структурах получение достоверной информации основано на сопоставлении результатов, полученных по каждому независимому каналу, и выборе результата, совпадающего с показаниями большинства измерительных каналов.

MICRO PC И PC/104: два подхода

Существует довольно много реализаций IBM PC совместимых компьютеров с использованием системной шины, отличной от оригинальной разработки компании IBM. Можно встретить решения на базе шин VME, Multibus, AT96, STD, STD32 и ряда других. Основной причиной такого разнообразия является желание разработчиков либо использовать уже имеющийся задел периферийных плат, либо подстроить конструктивные параметры плат под широко распространенные в промышленности стандарты, либо уйти от неприемлемых для них особенностей стандартной шины ISA. Существует два подхода к применению архитектуры IBM PC в области малогабаритных встраиваемых компьютеров и контроллеров, которые в наименьшей степени отошли от первоначальной концепции персональных компьютеров. Первый из них — это стандарт PC/104, предложенный фирмой Ampro, а второй — серия изделий MicroPC, производимая фирмой Octagon Systems.

Каждое из этих семейств имеет свою нишу на рынке встраиваемых компьютеров и контроллеров. Там, где нужны сверхминиатюрные контроллеры с малой и средней производительностью и в то же время нет жестких требований к условиям эксплуатации, с успехом могут применяться системы PC/104. По мере повышения степени интеграции элементной базы все большее применение находят одноплатные IBM PC совместимые компьютеры, где PC/104 широко распространена в качестве факультативной шины расширения (мезонинной шины). В то же время собственно процессорные платы в стандарте PC/104 имеют ограниченное применение. В приложениях, требующих полной совместимости с шиной ISA, значительного температурного диапазона, высокой виб-

роустойчивости, малого энергопотребления, значительной вычислительной мощности и расширяемости системы, незаменимым может оказаться семейство MicroPC.

Фирма Ampro применяет PC/104 (104 — число контактов в 16-разрядной шине ISA) с 1987 года как шину расширения для своих одноплатных компьютеров с помощью малогабаритных плат, получивших название MiniModule. Первая процессорная плата с размерами Mini Module была выпущена в 1990 году под названием CoreModule. Изделия PC/104 выпускают несколько десятков компаний, объединенных в консорциум PC/104. Консорциум представляет собой бесприбыльную организацию, основной целью которой является популяризация шины PC/104, в том числе в средствах массовой информации. Серия MicroPC была предложена в 1990 году фирмой Octagon Systems, имевшей до этого богатый опыт в области разработки изделий для шины STD. При этом с самого начала ставилась цель обеспечения работы вычислительной системы в жестких условиях эксплуатации. Платы в стандарте MicroPC выпускают также несколько десятков компаний, не объединенных, правда, в какую-либо формальную организацию.

Одной из таких компаний является российская фирма Fastwell.

О компании FASTWEL.

Компания Fastwel предлагает широкую гамму аппаратных и программных средств для автоматизации технологических процессов и встраиваемых систем.

Продукция Fastwel находит применение в ответственных приложениях не только в промышленности, но и на транспорте, в телекоммуникациях и многих других отраслях, где требуется надежное оборудование, способное работать в жестких условиях эксплуатации.

Обладая большим научно-техническим потенциалом, фирма Fastwel постоянно разрабатывает новые изделия и технологии. Производственные возможности компании позволяют выпускать высококачественную продукцию, соответствующую мировым стандартам. Продукция фирмы Fastwel полностью учитывает специфику рынка стран СНГ как по набору поддерживаемых типов сигналов, так и по стойкости к неблагоприятным факторам внешней среды.

Fastwel выпускает широкую номенклатуру изделий в популярном формате MicroPC, выносные модули УСО, а также необходимый набор аксессуаров и вспомогательных изделий. Все оборудование предназначено для работы в промышленном диапазоне температур от -40 до +85С.

Достоинства и проблемы применения ПЛИС

Достоинствами программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) можно назвать следующие. Во-первых, при создании специализированных логических устройств разработчик неограничен возможностями имеющейся в его распоряжении элементной базы: для большинства современных ПЛИС имеются библиотеки, содержащие всё необходимое, от простейших логических элементов до микропроцессоров. Во-вторых, ПЛИС позволяют сократить сроки внедрения реализованных на них устройств за счет упрощения процесса наладки: разработчик без посторонней помощи может многократно корректировать схему, не внося изменений в печатный монтаж. В-третьих, применение ПЛИС часто позволяет существенно уменьшить габариты аппаратуры по сравнению с аналогичными устройствами, реализованными на традиционных БИС. Можно привести ещё много аргументов в пользу применения ПЛИС, однако существуют и некоторые препятствия, останавливающие потенциальных пользователей. Одно из них – необходимость разработки специальной печатной платы для установки интерфейсных разъемов, пассивных элементов и, разумеется, самой микросхемы. Разводка, изготовление, наладка и, как правило, переразводка и повторное изготовление требуют значительных материальных временных затрат. В результате многие предпочитают вместо изготовления оригинальной платы с ПЛИС приобрести несколько универсальных (а значит, избыточных по составу) плат, реализующих ту же функцию. Последствия очевидны: увеличение энергопотребления, стоимости и габаритов аппаратуры, снижение ее надежности. Один из путей для преодоления этого препятствия предлагает фирма Fastwel: ее модули содержат уже установленные и соответствующим образом соединенные между собой ПЛИС Xilinx, в которые пользователь может сам загружать нужные ему схемы.

Модули UNIOxx-5

Модули UNIOxx-5 выполнены в формате MicroPC, предложенном более 10 лет назад фирмой Octagon Systems для вычислительных систем, работающих в жестких условиях эксплуатации, на транспорте, в промышленности, в военной технике и т.п. В соответствии с идеологией MicroPC модули снабжены интерфейсным блоком шины ISA и краевым разъемом, благодаря чему могут использоваться в качестве модулей расширения как в специальных крейтах MicroPC, так и в составе IBM PC совместимых компьютеров.

Кроме интерфейсного блока ISA, модуль UNIOxx-5 (рис. 1) включает в себя набор ПЛИС XC5204 (от одной до четырех штук, в зависимости от модификации модуля) и БИС электрически перепрограммируемого ПЗУ (EEPROM).

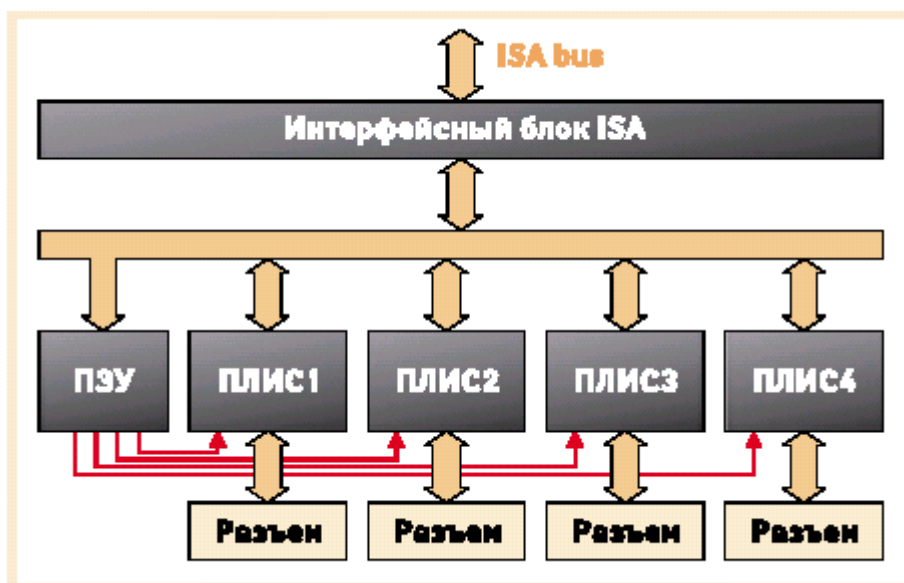


Рисунок 1. Структура модуля UNIOxx-5

UNIOxx-5 является многоканальным модулем ввода-вывода дискретных сигналов. Внешние источники сигналов подключаются при помощи 26-контактных разъемов. Контакты каждого из разъемов соединены с выводами одной из ПЛИС. В настоящее время поставляются две модификации модуля: UNIO96-5 и UNIO48-5 с количеством каналов, соответственно, 96 и 48, которое зависит от количества установленных на плате ПЛИС. Уровни входных и выходных сигналов соответствуют уровням КМОП.

Впрочем, область применения модулей не ограничивается вводом-выводом сигналов, правильнее будет её охарактеризовать как построение программируемых пользователем периферийных устройств для информационно-управляющих вычислительных систем.

ПЛИС XC5204, составляющие основу модуля, выполнены по 0,5-микронной КМОП-технологии. Микросхема содержит 6000 логических вентилей (Logic Gates), сгруппированных в конфигурируемые логические блоки (CLB). Выполняемые каждым CLB функции и взаимосвязи между ними описываются последовательностью битов, хранимой во внутреннем статическом ОЗУ ПЛИС. При включении питания конфигурационная информация загружается в ОЗУ каждой ПЛИС из микросхемы EEPROM ПЗУ.

МОДУЛИ CPU188-5 И RTU188

Этот подход – использование программируемых пользователем периферийных устройств на базе ПЛИС – получил дальнейшее развитие в одноплатных контроллерах фирмы Fastwel CPU188-5 и RTU188.

Модуль микроконтроллера CPU188-5 предназначен для использования в системах сбора данных и управления. Возможность подключения основных

средств ввода-вывода (карты VGA, ЖК-дисплеи, клавиатуры, принтеры, НГМД) позволяет использовать модуль в системах с участием оператора. Благодаря своей компактности, низкому потреблению и функциональной насыщенности, модуль CPU188-5 является оптимальным решением для широкого диапазона встраиваемых приложений.

Модуль имеет статическое оперативное запоминающее устройство (SRAM) размером до 1024 кбайт и флэш-память размером до 2 Мбайт с файловой системой.

Модуль имеет 8-канальный АЦП с программируемым диапазоном напряжения по каждому входу (0...5 В; ± 5 В; 0...10 В; ± 10 В), шунтирующие резисторы для измерения тока и 2 аналоговых выхода с диапазонами 0...5 В; ± 5 В; 0...10 В. Два последовательных гальванически изолированных порта позволяют реализовать интерфейсы RS-232/422/485 со скоростями обмена соответственно до 200/2500/ 2500 кбит/с.

Специализированный микроконтроллер RTU188 был разработан для удовлетворения запросов разработчиков систем управления кустовыми нефтедобывающими скважинами. Основными требованиями в данном случае были:

- 1) низкая стоимость, максимально приближенная к стоимости аналоговых изделий на базе однокристальных микроконтроллеров;
- 2) совместимость с IBM PC и наличие встроенной операционной системы, совместимой с MS4DOS 6.22;
- 3) необходимое количество гальванически развязанных аналоговых и дискретных каналов ввода-вывода;
- 4) расширенный диапазон рабочих температур и высокая надежность, позволяющие использовать изделие на неотапливаемых и необслуживаемых объектах.

Модуль микроконтроллера RTU188 выполнен в виде автономного устройства и может быть подключён к сетям RS-232/RS-422/RS-485, что делает возможным использование контроллера в распределенных системах. Модуль RTU188 может быть установлен как на DIN-рельс, так и на панель.

Однако наибольший интерес представляет реализация периферийных устройств, входящих в состав RTU188 и CPU188-5: все основные функциональные узлы контроллеров выполнены на ПЛИС Xilinx XC9572 и XCS20. Одним из таких узлов является блок дискретного ввода-вывода, полностью эмулирующий модуль UNIO48-5. Так же как «настоящий» модуль UNIO48-5, блок ввода-вывода после загрузки конфигурационной информации превращается в

периферийное устройство, выполняющее функции, определенные пользователем.

Конфигурирование

Обычно для загрузки конфигурационной информации в ПЛИС применяется один из двух способов:

- 1) с использованием программатора;
- 2) при помощи специального устройства, обеспечивающего обмен информацией через JTAG-интерфейс.

Второй способ, получивший название ISP (In System Programming), более удобен, так как не требует извлечения микросхемы конфигурационного ПЗУ (или самой ПЛИС) из платы. Однако и этот способ не лишен недостатков: требуется приобрести адаптер JTAG и держать его все время «под рукой».

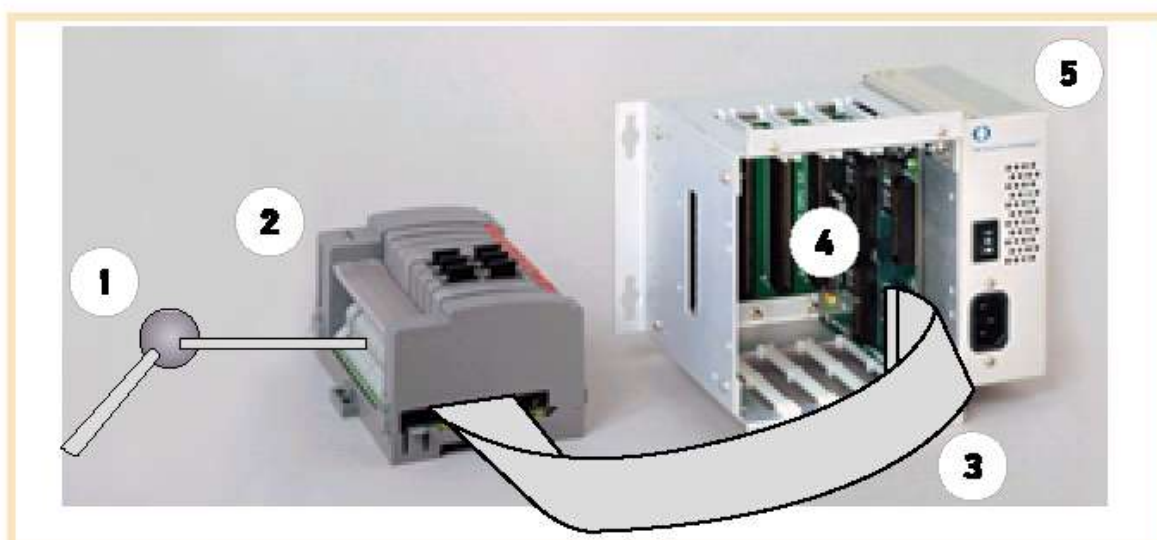
В изделиях Fastwel для конфигурирования ПЛИС используется третий способ, являющийся дальнейшим развитием идеи ISP: конфигурационная информация хранится в виде файла, а при необходимости передается в модуль по шине ISA и копируется в EEPROM ПЗУ. Преимущества такого решения очевидны: для загрузки не требуются дополнительных аппаратных средств, имеется возможность производить «динамическое конфигурирование» ПЛИС, то есть изменять круг решаемых ею задач без прекращения функционирования вычислительной системы. Реализация этой возможности может быть особенно полезна, например, при построении отказоустойчивых систем управления, когда в случае обнаружения неисправности требуется автоматически перераспределить функции отказавшего устройства среди исправных.

Пример использования программируемых модулей ввода-вывода FASTWEL

В качестве примера можно рассмотреть устройство для измерения температуры, реализованное на базе изделий фирмы Fastwel и модулей UCO Grayhill серии 73L (рис. 2).

В сочетании с изделиями Fastwel: объединительной платой TBI-16L, соединительными кабелями и модулем сбора данных UNIOxx-5 или эмулирующим его блоком в составе CPU188-5 – модули Grayhill серии 73L являются весьма привлекательной альтернативой модулям 5В фирмы Analog Devices. Привлекательность этого варианта не ограничивается финансовой стороной, хотя приведённая стоимость канала почти в два раза ниже, чем при использовании модулей Analog Devices. Стоит обратить внимание также на то, что основные изделия, образующие измерительный канал, составляют завершённый комплект, доступный от одного поставщика. Благодаря этому пользователь из-

бавляется от забот по обеспечению электрической, электромагнитной и функциональной совместимости составных частей устройства.



Условные обозначения:

- 1 – термопара; 2 – клеммная плата TBI-16L с модулями аналогового ввода Grayhill 73L;
3 – кабель СМА-26; 4 – модуль UNI0xx-5 или CPU188-5; 5 – корпус MicroPC.

Рисунок 2. Устройство для измерения температуры, реализованное на базе изделий фирмы Fastwel и модулей УСО Grayhill

Лекция 24 Концептуальный анализ проблем создания новой техники

Под проблемой мы будем понимать противоречие между существующей системой знаний и потребностями общественной практики либо развитием этой системы знаний.

В настоящее время сложилась парадоксальная ситуация, когда отсутствует целостная система знаний о такой составляющей производительных сил, как техника. Являясь связующим звеном между наукой и производством, материализуя научные результаты, интенсифицируя производство, как материальных объектов, так и знаний, создавая основу индустриализации науки.

Техника, как целостная система, рассматривается лишь косвенно: науковедением – в основном, в историческом аспекте; экономикой, как элементом производительных сил; патентоведением, как объектом интеллектуальной собственности (государства); кибернетикой, как предметной областью, в которой проявляются общие и специфические процессы информационных связей.

В тоже время постоянно указывается на необходимость повышения эффективности и качества технических систем и, как следствие, эффективности и качества их создания [1]. Точной, однозначной расшифровки понятий эффективности и качества сложности технических систем в литературе найти не удастся.

В большинстве случаев под эффективностью понимается экономическая эффективность или предлагается использовать составное понятие эффективности и качества технических систем, определяемое как комплекс технико-экономических показателей [2,3]. Под увеличением сложности понимают, как правило, рост количества элементов, образующих техническую систему.

Хотя техника и обладает общими признаками, в зависимости от цели и сферы использования, ее структура существенно отличается. Цель использования техники научного назначения – содействие (обеспечение) производству новых знаний.

Цель техники промышленного назначения – производство продукта, обладающего свойствами, удовлетворяющими некую общественную потребность [4]. Ниже рассматриваются проблемы применительно к процессу создания установок промышленного назначения (УПН).

Большинство исследователей процесса создания УПН отмечают [5-9]:

сокращение сроков морального старения УПН, в то время как затраты на проектирование и освоение растут;

возрастание количества НИР, проводимых в процессе конструкторской проработки УПН;

наличие, как правило, нескольких промежуточных конструкций на пути к УПН, удовлетворяющей возникшую потребность;

положение, когда сконструированные и изготовленные УПН не обеспечивают достижения требуемых параметров;

организационные системы, соответствующие процессу создания УПН, не обеспечивают достижения поставленных целей;

невыполнение требований к УПН по охране окружающей среды и здоровья населения;

увеличение разрыва между возможностями средств автоматизации и квалификацией персонала, обслуживающего УПН.

Для анализа указанных положений принимается следующая структура их изложения:

1. Факт – описание фрагмента действительности;

Объяснение – преобладающая в большинстве работ исследователей (но не обязательно правильная) интерпретация факта;

Рекомендации – наиболее часто приводимые в литературе и нормативной документации пути устранения проблем;

Оценка – позиция авторов концепции СП (системного проектирования) в оценке возможности устранения недостатков, отмеченных в описании фактов реализацией рекомендаций существующих проблем.

2. Факт. Сокращение сроков морального старения УПН, в то время как затраты на проектирование и освоение УПН растут.

Объяснение. Быстрое моральное старение — явление объективное, обусловлено научно-технической революцией (НТР).

Рекомендации. Увеличить продолжительность жизни некоторого вида УПН можно только за счет сокращения длительности проектирования вследствие внедрения автоматизации.

При анализе трудоемкости этапов проектирования выделяется этап — изготовление комплекта документации (от 50 до 80% времени), делается вывод: введя соответствующие средства автоматизации, можно существенно снизить длительность выделенных этапов жизненного цикла УПН [5,10].

Оценка. Практика эксплуатации систем автоматизации проектных работ (САПР) показывает, что в результате их применения не гарантируется создание перспективных видов УПН.

Анализ принципов построения САПР показывает, что отсутствие сегодня формализованных критериев перспективности, единого формального языка описания этих критериев и технических решений, законов генезиса технических систем делает невозможным такие гарантии в принципе.

3. Факт. Возрастание количества НИР, возникающих уже в ходе конструкторской проработки УПН.

Объяснение. Явление закономерное и неизбежное, объясняется сложностью современных технических систем.

Рекомендации. Сокращение затрат времени на проведение НИР возможно за счет интенсификации работ; использования автоматизированных систем научных исследований (АСНИ); совершенствования механизма управления научными исследованиями и опытно-конструкторскими работами (НИОКР) с целью исключения дублирования; использования информационных поисковых систем (ИПС) [5,6].

Оценка. АСНИ обладают теми же ограничениями эффективности, что и САПР. Совершенствование механизма управления НИОКР невозможно без наличия аппарата, описывающего сущность научного исследования вне зависимости от конкретного оборудования и условий, в которых оно проводится.

Отсутствие такого аппарата не позволяет заключить, проводилась ли необходимая НИР. Что бы получить определенный ответ, должна существовать возможность интерпретировать результаты научного исследования для любой случайно выбранной области или результаты должны содержаться в данной предметной области.

У технических объектов отсутствует внутренняя шкала сложности, она определяется отношением человека к рассматриваемому предмету.

4. Факт. Наличие нескольких промежуточных конструкций УПН.

Объяснение. Отсутствие опыта создания новых видов УПН.

Рекомендации. Использование моделирования для быстрого приобретения необходимого опыта [11-13].

Оценка. Даже при наличии развитого аппарата моделирования как средства, позволяющего представить поведение разрабатываемого объекта в различных условиях окружающей среды (включая и техносферу, т.е. те технические системы, с которыми взаимодействует объект).

5. Факт. Изготовление УПН не обеспечивает получение первоначально требуемых параметров.

Объяснение:

несовершенный механизм финансирования процесса создания технического объекта;

плохое информационное обеспечение проектирования;

процесс корректировки технического задания (ТЗ) на проектирование — неизбежная реальность.

Рекомендации:

повысить точность экономических расчетов;

создать банки данных и ИПС на их основе;

создать систему учета изменений. В текст ТЗ включать пункт: «... В процессе разработки настоящее ТЗ может «корректироваться» [1,4].

Оценка. Использование экономических показателей в качестве основных критериев выбора из ряда альтернатив реализации технических систем делает необходимым до начала проектирования определить затраты времени и средств. Расчет этих затрат возможен только после получения комплекта рабочей документации, точный расчет — в случае фактического прослеживания всего жизненного цикла, при возможности фиксации производимых затрат.

Этап составления ТЗ в соответствии с ГОСТом является этапом ОКР. Чтобы он был реализован нужно теме быть в плане и соответственно финансироваться, но попасть в план и открыть финансирование без ТЗ на практике крайне затруднительно.

Для создания ИПС нужна первичная структуризация информации; информационный запрос, научные и технические результаты должны быть сформулированы на едином формальном языке.

Исходя из этого, для формирования любого запроса имеется конечный набор однозначно понимаемых терминов, не выводимых друг из друга, а также конечный перечень некоторым образом упорядоченных правил, в соответствии с которыми ставятся в отношения (тоже заданные формально) термины и фразы. Тогда запрос должен быть сформулирован с привлечением всех базовых понятий и всего перечня правил.

Иначе либо оставшаяся часть понятий или правил стала производной от использованных в запросе (что запрещено по соглашению), либо теряется часть научных и/или технических результатов, сформулированных с использованием понятий и правил, не вошедших в запрос.

Следствием специализации является отсутствие взаимопонимания между НИИ, получившим новый научный результат, КБ, реализующим его в техническом объекте (ТО), промышленным предприятием, как изготавливающим, так и эксплуатирующим ТО.

Потребность определяется заказчиком, им же составляется ТЗ; не являясь специалистом в области проектирования способов удовлетворения потребности, заказчик не может составить раздел «Состав и структура ...» ТЗ и поэтому потребность должен сформулировать в наиболее общей форме; в свою очередь разработчик ориентирован на конкретную предметную область и не может воспринимать ее в наиболее общей форме.

6. Факт. Организационные системы не обеспечивают достижения целей их создания.

Объяснение:

- 1) руководство не использует возможности организационных структур;
- 2) организационные структуры не соответствуют предъявляемым требованиям.

Рекомендации [8,14,15.28]:

подобрать соответствующее руководство;

подобрать соответствующую структуру на основе:

экспертной оценки;

факторного анализа.

использовать синтетическую дисциплину — Управление Проектами (Project Management).

Оценка. Если считать, что необходимое требование к специалистам — это профессионализм, а под организационной структурой понимать распределение власти и ответственности, то процесс руководства является элементом проектирования структуры.

До настоящего времени отсутствовали однозначно трактуемые правила и процедуры проектирования организационных систем. Совершенствование организационных систем отождествляется с изменением организационных структур. Перестройка структуры дает эффект в начальный, после внедрения, момент времени, а затем эффект снижается.

Совершенствование структур невозможно вести в отрыве от совершенствования технологии проектирования. Технология проектирования, в значительной мере, определяется свойствами и структурой потребности, являющейся побудительной причиной проектирования. Поскольку новая потребность, в соответствии с ГОСТом, формулируется в ТЗ, поступающем от за-

казчика, являющемся элементом внешней среды по отношению к разрабатывающей организации, то она (потребность) приводит к значительным отклонениям в функционировании разрабатывающей организации.

Если потребность новая, то она не соответствует установившейся структуре и режиму функционирования и вызывает необходимость их перестройки, что сказывается на производительности и качестве работы. Если потребность не является новой, то собственно проектирование превращается в корректировку предыдущих разработок, исходя из специфики заказчика, и если это характерно для большинства работ данной организации, то, по сути она вырождается в службу подготовки производства вне зависимости от того, производится ли будущее изделие в рамках данной организации или на специализированных предприятиях.

Управление Проектами – методология (говорят также – искусство) организации, планирования, руководства, координации трудовых, финансовых и материально-технических ресурсов на протяжении проектного цикла, направленная на эффективное достижение его целей путем применения современных методов, техники и технологии управления для достижения, определенных в проекте, результатов по составу и объему работ, стоимости, времени, качеству и удовлетворению участников проекта [28].

Прошло около 10 лет с начала реального использования новой для России концепции проектного управления (Управление Проектами, Project Managent) в условиях радикального реформирования отечественной экономики. За рубежом эта концепция и сформировалась намного раньше, и используется намного шире. но анализ показывает, что для инновационной деятельности выше отмеченные проблемы для их практики, во многих случаях, также присущи.

7. Факт. В настоящее время возникают новые требования к системам охраны окружающей среды и здоровья населения, которые не всегда обеспечиваются при проектировании и создании УПН.

Объяснение. Крупные экологические проблемы, например, экологическая проблема ядерной энергетики, – комплексны и не могут быть решены без рассмотрения иных видов хозяйственной и научно-технической деятельности.

Система охраны окружающей среды и здоровья населения и управление ими является естественным развитием существующих систем контроля и наблюдения.

Рекомендации. Самое важное в настоящее время – оценка воздействия на здоровье населения и окружающую среду результатов различной хозяйственной и технической деятельности, которая позволяла бы руководителям принимать решения, наилучшие с комплексной точки зрения. Для этого рекомендуется [16-18]:

1. использовать системный анализ и аппарат многокритериальной оптимизации;
2. создать системы накопления и хранения значительных массивов информации при наличии в их составе современных средств обработки данных и имитационных моделей, позволяющих решать задачи прогнозирования, имитации аварийных ситуаций и оценки экологических последствий принимаемых решений;
3. использовать методы прогнозирования сложных систем, таких, как окружающая среда и здоровье населения: экспертные оценки, статистическая обработка наблюдаемых данных, имитационные модели;
4. конструктивные решения безопасности УПН нацеливать на усовершенствование защитных и локализирующих систем; осуществлять максимально допустимые упрощения структуры и принципа действия технических объектов.

Оценка. При всей важности решения проблемы определения размеров ущерба, наносимого в ходе индустриальной деятельности человека окружающей среде, необходимо определить причины, порождающие этот ущерб, и принять меры к их устранению.

Конфликт между человеком и окружающей средой обостряется по мере возрастания и расширения индустриальной деятельности, основу которой составляет развитие производительных сил и ее базиса – техники.

Расширенное производство требует возрастания масштабов воздействия на природу, это воздействие усиливает ущерб, который в свою очередь затрудняет осуществление производства и оказывает отрицательное влияние на человека.

И здесь возникает дилемма: или уменьшать воздействие и, как следствие, сокращать производство, или изменять способы воздействия на природу, т.е. технику.

Первое невозможно, так как приведет к торможению развития общества. Второе определяет требование к технике: она должна быть экологически чистой и без отходной, и в тоже время, высокоэффективной, что выдвигает новые проблемы.

Противоречивые интересы разработчика, изготовителя, эксплуатационника, с одной стороны, и работника, предприятия, отрасли народного хозяйства – с другой, определяют различную систему оценки и действий.

Приоритет экономических критериев оценки технических решений приводит к различным выборам в зависимости от уровня принятия решений, так как в их основе лежит сопоставление полученного эффекта и произведенных затрат. Но поскольку они разнесены во времени и в пространстве, а решение должно быть принято в конкретное время и в конкретном месте, то совпадение в решениях, принимаемых на разных уровнях, на практике случайно.

Нужны критерии, процедура и структура, обеспечивающие оценку и выбор исходя из технических характеристик, дающих количественную меру качественным изменениям. Вневедомственная экспертиза должна осуществляться исходя единственно из народнохозяйственных целей.

Для многокритериальной оптимизации необходимо некоторое множество альтернативных вариантов, критериев и время, так как сама процедура исключает выбор за один шаг. С другой стороны, наличие в массиве оптимального варианта рассматривается как вероятность.

В пределе нужна процедура проектирования, ориентированная на разработку оптимального варианта, снимающая проблему оценки и выбора. Экологические, экономические и другие параметры должны по этой процедуре проектирования быть наилучшими при достижении главной технической характеристики.

8. Факт. Автоматизация приводит к понижению квалификации непосредственно обслуживающего персонала, затрудняет обслуживание УПН [18,19].

Объяснение. Усложнение техники – неизбежный результат ее развития. Автоматизация заменяет человека при управлении техникой и технологическими процессами. Не автоматизируется то, что экономически не выгодно.

Рекомендации:

с целью обеспечения надежности техники резервировать устройства управления;

составлять более подробные инструкции для обслуживающего персонала.

Оценка. Во время аварии в США на АЭС «Три-Майл-Айленд» возникла ситуация, не предусмотренная инструкциями: операторы не сумели оценить состояние реактора, и их действия усугубили развитие аварии. При при-

нятии решения о степени автоматизации необходимо соизмерять получаемый эффект с ее отрицательными последствиями для обслуживающего персонала, в частности, с утратой мастерства оператора, особенно важного в нестандартных ситуациях.

Эти явления диктуют необходимость изменения концепции «человек-машина», в соответствии с которой при управлении инженерными устройствами предпочтение отдавалось средствам автоматизации, а действия человека заранее программировались и строго ограничивались инструкциями.

Трансформация концепции «человек-машина» направлена в сторону более широкого использования человеческого ума, в сторону повышения роли личности, способной, при соответствующей подготовке, разумно действовать в сложных обстоятельствах.

Это выдвигает на первое место вопросы формализуемости знаний, способов их представления и передачи, создания системы непрерывного обновления знаний и целевого обучения. Эти вопросы актуальны не только для обслуживающего персонала, но и в большей степени для тех, кто технику проектирует.

Проблемы автоматизации и ее последствий актуальны и для проектирования. Нужно определить необходимые и целесообразные проектные работы, подлежащие автоматизации.

Выводы

Для решения проблем создания и освоения новой техники в результате проведенного концептуального анализа считаем необходимым:

1. определить начало и конец, содержание и результат каждого этапа жизненного цикла технического объекта;
2. создать механизм адаптации структуры производства к структуре производимого объекта;
3. разработать подход к оценке деятельности НИИ, КБ, производства, исходя из народнохозяйственного эффекта,
4. сформулировать критерий перспективности технического объекта;
5. использовать единый язык описания критериев, технических решений, законов генезиса технических объектов;
6. разработать форму представления научных результатов в виде, позволяющем интерпретировать его для любой предметной области;
7. разработать процедуру и средства оценки вариантов структуры и принципа действия УПН на основе использования технических пара-

- метров, позволяющие выявлять технические объекты с заведомо наилучшими показателями;
8. разработать механизм поиска, формулирования потребности, выявления необходимого разработчика;
 9. разработать процедуры диагностики, проектирования и перестройки организационных структур;
 10. разработать процедуры получения, фиксации и передачи методических знаний.

Примечание 1: Авария на Чернобыльской АЭС (26 апреля 1986 г.) — одна из крупнейших техногенных аварий, приведшей к крупнейшей экологической катастрофе; анализ ее причин; участие в разработке и реализации концепции, программ, проектов, мероприятий, технологий и техники ликвидации последствий аварии на ЧАЭС (ЛПА ЧАЭС) позволяют сделать заключение о актуальности и содержательной справедливости, проведенного в 1982–84 гг. концептуального анализа и методических разработок на его основе. Это поистине событие мирового и исторического масштаба, как для атомной науки и техники, так и для техногенной деятельности в целом. Вошел в обиход термин: постчернобыльский этап развития.

Литература

1. Бобрышев Д.Н., Русинов Ф.М. Управление научно-техническими разработками в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1976.
2. Пузыня К.Ф., Запаснюк А.С. Экономическая эффективность НИОКР в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1978.
3. Архангельский В.Н. Организационно-экономические проблемы управления научными исследованиями. – М.: Наука, 1977.
4. Борисов В.И. Общая методология конструирования машин. – М.: Машиностроение, 1978.
5. Проскуряков А.В. Организация создания и освоения новой техники. – М.: Машиностроение, 1975.
6. Управление и новая техника. (Исследования, разработки, внедрение) /Под ред. акад. В.А.Трапезникова. – М.: Экономика, 1978.
7. Грузнов И.И. Освоение выпуска новых изделий. – М.: Машиностроение, 1976.
8. Хартман В.Д., Шток В. Критический анализ буржуазных теорий и практики управления промышленными исследованиями и разработками. – М.: Прогресс, 1979.
9. Забелин П.Н., Щербаков А.И., Юделевич М.А. Труд в сфере науки. – М.: Экономика, 1973.

- 10.Моисеева Н.К. Выбор технических решений при создании новых изделий. – М.: Машиностроение, 1980.
- 11.Гуд Г.Х., Макол Р.Э. Системотехника. Введение в проектирование больших систем. – М.: Сов. радио,1962.
- 12.Квейц Э. Анализ сложных систем – М.: Сов. радио,1969.
- 13.Глушков В.М., Капитонова Ю.В., Летичевский А.А. Автоматизация проектирования вычислительных машин. – Киев: Наукова думка, 1975.
- 14.Гвишиани Д.П. Организация и управление. – М.: Наука, 1972.
- 15.Чернявский А.А. Количественные методы исследования организационных систем (обзор). – Автоматика и телемеханика, 1978, № 2, № 3.
- 16.Израель Ю.А. Экология и контроль состояния природной сферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1979.
- 17.Воробьев Е.И., Резниченко В.Ю. Проблемы создания системы охраны окружающей среды и здоровья населения. – Атомная энергия, 1981, т. 50, вып. 4.
- 18.Конференция МАГАТЭ по современным проблемам безопасности АЭС. – Там же.
- 19.Дитрих Я. Проектирование и конструирование. Системный подход. – М.: Мир, 1981.
- 20.Бородастов Г.В., Гончаров А.Н., Дмитриев А.П., Дробышевский Ю.В. Проблемы создания и освоения новой техники и концепция системного проектирования. Препринт ИАЭ-3991/3, 1984.
- 21.Авария на Чернобыльской АЭС и ее последствия (Информация, подготовленная для совещания экспертов МАГАТЭ, Вена, 25-29.08.86), ГКАЭ,1, 1986.
- 22.Возняк В.Я., Коваленко А.П., Троицкий С.Н. Чернобыль: события и уроки. Вопросы и ответы. – М.: Политиздат, 1989.
- 23.Бадьин В.И., Бородастов Г.В., Дробышевский Ю.В., Мордашев В.М., Помыткин В.Ф., Титов В.В., Столбов С.Н. Концепция ликвидации глобальной радиационной аварии. – ВИНТИ, Проблема безопасности при чрезвычайных ситуациях, № 10, 1991.
- 24.Бадьин В.И., Бородастов Г.В., Дробышевский Ю.В., Мордашев В.М., Помыткин В.Ф., Титов В.В., Столбов С.Н. Обзор программ ликвидации глобальной радиационной аварии. – ВИНТИ, Проблема безопасности при чрезвычайных ситуациях, № 2, 1992.
- 25.Бадьин В.И., Бородастов Г.В., Дробышевский Ю.В., Столбов С.Н., Чечеров К.П., Алешин А.М., Батий Н.Н., Бицкий А.А., Валуев Д.И., Лебедев О.Г., Саверский С.Ю., Мошкин О.Ю. Концептуальный анализ проблем извлечения, переработки и захоронения топлива содержащих материалов, образовавшихся при аварии на 4-м энергоблоке ЧАЭС. Док. 1, Концепция обращения с РАО объекта «Укрытие», ИИП «Возрождение», М., 1996.

- 26.Бородастов Г.В., Дробышевский Ю.В., Столбов С.Н., Чечеров К.П., Алешин А.М., Батий Н.Н., Бицкий А.А., Валуев Д.И., Лебедев О.Г., Саверский С.Ю., Мошкин О.Ю. Концептуальный анализ проблем извлечения, переработки и захоронения топлива содержащих материалов, образовавшихся при аварии на 4-м энергоблоке ЧАЭС. Док. 2, Подходы к формированию концепции обращения с РАО объекта «Укрытие», ИИП «Возрождение», М., 1996.
- 27.Бородастов Г.В., Дробышевский Ю.В., Столбов С.Н., Чечеров К.П., Алешин А.М., Батий Н.Н., Бицкий А.А., Валуев Д.И., Лебедев О.Г., Саверский С.Ю., Мошкин О.Ю. Концептуальный анализ проблем извлечения, переработки и захоронения топлива содержащих материалов, образовавшихся при аварии на 4-м энергоблоке ЧАЭС. Док. 3, Характеристика объекта «Укрытие» как источника РАО, ИИП «Возрождение», М., 1996.
- 28.Бородастов Г.В., Дробышевский Ю.В., Столбов С.Н., Чечеров К.П., Алешин А.М., Батий Н.Н., Бицкий А.А., Валуев Д.И., Лебедев О.Г., Саверский С.Ю., Мошкин О.Ю. Концептуальный анализ проблем извлечения, переработки и захоронения топлива содержащих материалов, образовавшихся при аварии на 4-м энергоблоке ЧАЭС. Док. 4, Анализ стратегий работ и технологий обращения с РАО, ИИП «Возрождение», М., 1996.
- 29.Бородастов Г.В., Берчий В.И., Саверский С.Ю., Волков А.А. Реабилитация лесных угодий на радиационно-загрязненных территориях. – International Conference «One decade after Chernobyl: summing up the Accident» Book of extended synopses. Austria, 8-12 April 1996, CN-63/325.
- 30.Бородастов Г.В. Системное проектирование техники и технологии ликвидации последствий радиационных аварий и катастроф, реабилитации радиационно-загрязненных территорий./На примере ЛПА на Чернобыльской АЭС/, /Методологические основы, концепция, практика/. Редакция 2-01.10.00. – М.: ГП ВТФ «Энергия», 2000.
- 31.Мазур И.И., Шапиро В.Д. и др. Управление проектами./И.И. Мазур, В.Д. Шапиро и др. Справочное пособие/Под редакцией И.И. Мазура и В.Д. Шапиро. – М.: Высшая школа, 2001.
- 32.Бородастов Г.В. Методологические основы и методические средства инновационной деятельности или прикладная диалектика в технике. Ильенковские чтения. Материалы 2-ой (24-25 марта 2000) и 3-ей (16-17 февраля 2001) Международных научных конференций. Ч.2 - М.: Российский Государственный Институт Интеллектуальной Собственности, 2002.